

ACTES



13^{èmes} rencontres scientifiques de l'ARDIST

ARDIST Association pour la recherche
en didactique des sciences
et des technologies

4-7 juin 2024 Montpellier

Université de Montpellier

Valérie Munier et Manuel Bächtold

ARDIST



**UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER**



lirdef



Ces actes rassemblent un ensemble de textes ayant fait l'objet de présentations lors des 13^{èmes} rencontres scientifiques de l'ARDIST qui se sont tenues à Montpellier du 4 au 7 juin 2024. Après un rappel de la composition des comités scientifique et d'organisation, les premières pages de ce document sont dédiées aux résumés des conférences et de la table ronde qui se sont déroulées durant les rencontres. Les actes sont ensuite structurés selon les sessions de communication des rencontres.

Lorsque les actes sont consultés sur ordinateur, la table des matières permet par un clic d'accéder directement à chacune des communications et aux résumés des conférences et de la table ronde.

Nous vous souhaitons une bonne lecture,

Valérie Munier et Manuel Bächtold

Mars 2023

Table des matières

Comités	9
Comité scientifique	11
Comité d'organisation	13
Conférences plénières	15
Climate education and controversial sustainability issues in the science classroom	17
Inquiry learning and direct instruction, where do the two meet?.....	18
Les recherches participatives au croisement d'une approche comparatiste en didactique et de la clinique de l'activité	19
Communications simples	21
Utilisation de données authentiques sur les exoplanètes pour l'enseignement des lois de Kepler	23
La conception d'expérience sur une plateforme numérique dans l'enseignement expérimental à l'université	32
Transformation numérique dans l'enseignement de la chimie organique à l'université : les attentes et défis des enseignants révélés !.....	40
Influence de l'utilisation de la réalité augmentée lors des expériences chimiques sur la connexion des niveaux de représentation dans les explications des élèves.....	48
Concevoir une BD sur le climat pour la classe.....	56
Co-construction et expérimentation d'un épisode de la série de BD numérique « Les Grandiloquents » sur l'origine du changement climatique	56
Points de vue d'enseignants sur une proposition de choix didactiques pour l'enseignement du réchauffement climatique	72
Adaptation et validation d'un test conceptuel en mécanique.....	79
Aménager un enseignement codisciplinaire pour entrer dans la complexité de l'anthropocène.	88
Représenter et analyser la compréhension conceptuelle de la physique des nuages à l'aide de la théorie des graphes	97
Développement professionnel d'enseignantes dans le cadre d'un dispositif collaboratif sur l'enseignement de la masse à partir d'albums jeunesse : place de la schématisation	113
Comment aider l'apprenant à problématiser ?.....	122
Un cas d'étude : la nutrition des plantes vertes au cycle 3	122
Débat scientifique La gravitation newtonienne : Une illustration de la construction des savoirs par les interactions langagières en contexte d'hétérogénéité.....	134
Usages par les formateurs d'outils utilisés en formation initiale des professeurs des écoles en sciences et technologie	140
L'intentionnalité dans les représentations schématiques en classe de SVT. Rôle et limites des compétences endo-narratives.....	149
Connaissances professionnelles mises en jeu par des enseignants de physique-chimie en début de formation sur la modélisation	157
Effets de la relation entre le Cadre de l'Apprentissage par Problématisation et la (surveillance intellectuelle) ²	167
Interactions langagières en sciences au cycle primaire. Cas du contexte bilingue libanais	173
Pratiques enseignantes accompagnant la problématisation de la circulation sanguine : inducteurs, déterminants et inhibiteurs de problématisation	181

Choix didactiques d'enseignants de physique en Lycée Professionnel sur l'électricité. Étude comparative entre un cas français et un cas brésilien	189
Méthodologie d'analyse croisée de 3 pratiques enseignantes intégrant de l'histoire des sciences en classe	200
Représentations d'étudiants sur la transition énergétique : schématisation à partir d'une analyse lexicale d'entretiens.....	209
Représentations sémiotiques et modélisation des oscillations électriques forcées RLC séries dans le savoir à enseigner.....	217
Comment les lycéens se représentent-ils la transition énergétique ?	226
Transposition de l'usage du planétaire humains par des enseignants.....	234
La figure du super-héros, levier didactique ou aporie ?	244
Éléments d'analyse d'une action de médiation scientifique	244
Représentations sociales du changement climatique et images du futur des élèves de primaire du Sud Togo.....	251
Fonctions des expériences dans la construction des savoirs scientifiques, cas de séparation des constituants d'un mélange homogène au cycle 3 de l'école élémentaire.....	257
Discours de médiation et mise en récit des sciences : le cas d'un conte étiologique lors d'une sortie scolaire au parc en classe de maternelle	266
De quelle manière une mise en récit par les élèves peut leur permettre de construire des savoirs scientifiques ?	272
Des hypothèses sur l'alternance du jour et de la nuit : analyse des formulations d'élèves de cycle 3	280
Les potentialités de problématisation d'une séance ordinaire sur le moteur de la subduction en classe de Terminale Scientifique	288
Construction d'hypothèses sur la pollinisation croisée des plantes à fleurs : effets sur les élèves de l'usage d'une grille critériée	296
Impact de pauses métacognitives sur le développement de la pensée critique chez les élèves du secondaire en Belgique francophone : une approche dans l'enseignement des sciences.....	304
Modèle précurseur des transformations chimiques de la matière : mise à l'épreuve avec des élèves....	311
Les activités libres : une entrée possible pour étudier la relation des élèves à la nature ?	320
L'épistémologie contemporaine du vivant et perspectives didactiques pour une éducation scientifique citoyenne au vivant du 21 ^e siècle. Une enquête menée auprès de 130 chercheurs français	327
Les pratiques de l'éducateur spécialisé dans la co-activité avec un élève ayant un Trouble du Spectre de l'Autisme.....	343
Essaimer un curriculum d'enseignement possible dans une formation de professeurs des écoles.....	354
Enquête historique sur le cycle menstruel.....	363
Introduire un recul historique dans l'approche de controverses socioscientifiques en classe. Exemple de l'obligation vaccinale au collège.....	372
Savoir traiter des données à l'aide d'un tableur. Une question insistante pour la didactique de l'informatique	379
Comparaison de l'effet de l'utilisation du logiciel et du robot sur la motivation des élèves.....	386
Pratiques enseignantes effectives et intérêt des élèves pour les sciences.....	396
Explorer la relation des élèves à l'animal sauvage	404
Entre connaissances et expérience professionnelle : l'argumentation chez les enseignant.e.s	413
Effets d'une formation sur l'argumentation concernant les questions socio-scientifiques sur les	

connaissances didactiques d'enseignants et d'enseignantes du collège	422
La pédagogie par la nature.....	433
Analyse des connaissances et des arguments produits par les étudiants en sciences à propos des vaccins et du Covid-19.....	441
Les Aires Terrestres Éducatives : effet de mode ou nouveau projet d'éducation au politique pour l'enseignement des sciences ?	447
Quelles sont les difficultés rencontrées par les élèves de grade 10 en Fédération Wallonie-Bruxelles lorsqu'ils résolvent des problèmes.....	454
Descriptions d'une solution aqueuse par des élèves du secondaire.....	463
Quelles pratiques de la mesure en classe de physique par des enseignants de 6ème ?	474
Analyse praxéologique d'une formation professionnalisante en métrologie pour le travail	482
Distinction des niveaux de savoir en chimie via un dispositif expérimental	490
Former à l'enseignement des grandeurs et de la mesure en croisant mathématiques et sciences expérimentales : impact sur les formateurs et les futurs professeurs des écoles.....	498
« Esprit scientifique, esprit critique » : enseignement de « l'esprit critique » en France et représentations des sciences dans les ressources promues.	506
L'enseignement des questions scientifiques aux implications éthiques	513
Construire un questionnement scientifique à l'école élémentaire. Une analyse sous l'angle des dynamiques intentionnelles	521
Construire le problème du changement climatique : quels apports et quelles limites de la fresque du climat ?	532
Niveau de conceptualisation scientifique d'élèves de seconde en fonction de leur niveau de performance en sciences et de leur statut socio-économique et culturel : analyse multimodale	538
Forme de discours en classe de physique et développement de l'autonomie des élèves : étude de cas en cinquième	547
Le travail personnel des primo-entrants à l'université. Enquête auprès d'étudiants de L1 de sciences et de leurs enseignants.....	557
Évolution de l'épistémologie pratique d'enseignants débutants dans le contexte d'un dispositif de formation par simulation en sciences	567
Dissolution des solides ioniques	576
La question alimentaire en classe de seconde. Problématiser une question complexe dans une perspective d'éducation au développement durable	587
L'enseignement du modèle de Lewis.....	595
Une discontinuité entre le lycée et l'université	595
L'accompagnement des apprenants pendant l'enseignement du concept de la matière à travers une situation problème	602
Le travail de groupe en classe de physique : une source de différenciation didactique.....	610
Apprentissage coopératif et autorégulation dans l'exploration de la nature de la science en première année d'université	618
Symposiums.....	626
Enseigner l'évolution : analyses épistémologiques et conséquences didactiques et curriculaires.....	628
La théorie extensive de l'évolution : une controverse actuelle. Opportunité de formation à la nature de la science ?	631
En contrepoint de l'enseignement de l'évolution, l'entrée dans des modélisations populationnelles non-	

darwiniennes en biologie.....	638
La théorie de l'évolution dans les moyens d'enseignements vaudois : analyse épistémologique et didactique	648
Enseigner l'évolution : pensée populationnelle et obstacle finaliste en classes de sciences	656
Mise à l'épreuve d'une double grille pour analyser les productions des élèves à propos du concept de sélection naturelle. Étude en France et en Belgique.....	659
Le finalisme dans la classe de SVT au prisme de l'enseignement des fonctions biologiques.....	667
Conquérir une pensée populationnelle en maternelle.....	674
L'éducation à l'innovation technologique responsable. Attentes sociétales, prescriptions curriculaires et dispositifs.....	680
Innovation et créativité dans la formation des enseignant·e·s : concevoir et réaliser de manière responsable et durable	683
Les dispositifs d'éducation à l'innovation technologique responsable (ITR).....	687
Construire des points de vue partagés et des savoirs de métier sur une éducation à l'innovation technologique responsable dans le cadre d'une communauté discursive de pratiques professionnelles	692
La place des savoirs didactiques dans les dispositifs collaboratifs.....	701
Recherche collaborative : méthode ou objet de la recherche en didactique.	705
Le cas du projet « résolution de problème en physique du collège au lycée ».....	705
La métaconception dans une recherche collaborative : le cas du jeu de plateau Darwinium	712
Circulation des savoirs de la didactique dans le contexte d'une communauté discursive de pratiques professionnelles en sciences à l'école primaire.....	718
Développement professionnel d'un enseignant dans le cadre d'un dispositif de recherche collaborative en didactique de la chimie Analyse en termes de compétences liées à l'évaluation et de pragmatisation/conceptualisation	726
Construction et circulation des savoirs et postures des acteurs dans une recherche collaborative	734
Compétences spatiales et performance en STIM au collège	746
Habilités spatiales et performances dans les STIM en contexte sénégalais	758
Enhancing spatial reasoning with generative artificial intelligence in STEM education: The implications of text-based prompts	766

Comités

Comité scientifique

Présidents

Manuel BÄCHTOLD (Université de Montpellier, LIRDEF)

Valérie MUNIER (Université de Montpellier, LIRDEF)

Membres

Karine BECU-ROBINAULT (ENS Lyon, ICAR)

Chiraz BEN KILANI (Université virtuelle de Tunis)

Fatima BOUSSADRA (Université de Sherbrooke, CREAS)

Antonin BOYER (Université de Montpellier, LIRDEF)

Catherine BOYER (Université de Lille, CIREL)

Sophie CANAC (Université Paris 12, LDAR)

Jérémy CASTERA (Aix-Marseille Université, ADEF)

Hanaa CHALAK (Université de Nantes, CREN)

Patricia CREPIN-OBERT (Université Paris Est Créteil, LDAR)

Christine DUCAMP (ENSFEA, EFTS)

Magali GALLEZOT (Université Paris Saclay, EST)

Audrey GROLEAU (Université du Québec à Trois-Rivières, CREAS)

Marie Noëlle HINDRYCKX (Université de Liège, DIDACTIfen)

Florence LE HEBEL (ENS Lyon, ICAR)

Florence LIGOZAT (Université de Genève, FPSE)

Valentin MARON (Université Toulouse Jean Jaures, EFTS)

Patricia MARZIN-JANVIER (Université de Bretagne occidentale, CREAD)

Ludovic MORGE (Université BP Clermont-Ferrand, ACTé)

Olivier MORIN (université Claude-Bernard- Lyon 1, S2HEP)

Gwen PALLARES (Université de Reims, Cérep)

Lionel PELISSIER (Université de Toulouse, EFTS)

Konstantinos RAVANIS (Université de Patras)

Patrick ROY (Haute École pédagogique de Fribourg)

Jérôme SANTINI (Université Côte d'Azur, LINE)

Laurent VEILLARD (AgroSup Dijon, Formation Apprentissages Professionnels)

Comité d'organisation

Présidents

Antonin BOYER (Université de Montpellier, LIRDEF)

David CROSS (Université de Montpellier, LIRDEF)

Membres

Camille ANTOINE (Université de Montpellier, LIRDEF)

Valérie DE LA FOREST (Université de Montpellier, LIRDEF)

Jacques FOSSATI (Université de Montpellier, LIRDEF)

Andréa GICQUEL (Université du Québec à Rimouski)

Maëlle MALLENT (Université de Montpellier, LIRDEF)

Valérie MUNIER (Université de Montpellier, LIRDEF)

Michel PARIS (Université de Montpellier, LIRDEF)

Pascale ROCCA (Université de Montpellier, LIRDEF)

Marie SUDRIÈS (Université de Montpellier, LIRDEF)

Florence VIGNERON (Université de Montpellier, LIRDEF)

Aurélie ZWANG (Université de Montpellier, LIRDEF)

Conférences plénières

Climate education and controversial sustainability issues in the science classroom

Leif Östman

Department of Education, Université de Uppsala, Suède

In this lecture, I will present the results of a project that identified traditions of teaching dealing with controversial sustainability issues in lower secondary education in Sweden, with specific attention for natural sciences teachers.

Through a national survey we found that the way teachers approach and teach about controversial issues can be classified in relation to four general teaching traditions within sustainability teaching in compulsory education: the Fact based – science oriented, the Fact based – against values, the Normative and the Pluralistic. These results will be compared to a survey done in Belgium in higher education regarding teaching about climate change, where approximately the same traditions were found. In the presentation I will describe the differences and similarities between these four different ways of handling controversial sustainability issues in teaching, including examples from interviews regarding teachers' didactical reflections, judgements, and experiences.

The results of the project will be used as a background for discussing the pros and cons of each of the traditions as well as exemplifying a didactical typology for how to handle, in teaching, the argumentative dimension of controversial sustainability issues.

Inquiry learning and direct instruction, where do the two meet?

Ton de Jong

Department of Instructional Technology
Faculty of Behavioral, Management and Social Sciences
University of Twente, Pays-Bas

Active or engaged learning is currently getting much attention because it engages students and also has proven to be a very effective form of science learning. Inquiry learning with online laboratories fits very well with this approach of active learning. In this presentation, I will focus on the advantages of learning with online laboratories and discuss the inquiry processes of students and how these can be actively supported by technological means in the form of focused, flexible, and adaptive digital scaffolds. I will discuss the effectiveness of inquiry-based learning in comparison with direct instruction but also discuss where the two will meet. I will further explore future developments, including providing students with automated and individualized feedback.

Les recherches participatives au croisement d'une approche comparatiste en didactique et de la clinique de l'activité

Fabienne Brière

Aix-Marseille Université, UR 4671 ADEF

Ancrées dans des problématiques professionnelles, les recherches participatives poursuivent une double visée épistémique et transformative de l'activité des acteurs (Vinatier et Morrissette, 2015) dont la priorisation dépend des orientations théorico-méthodologiques et des temporalités de la recherche. Dans la continuité de travaux centrés sur l'étude des « gestes didactiques de métier » des enseignants ou des formateurs, nous interrogeons l'articulation d'orientations didactique et clinique de l'activité dans la conduite de recherches participatives. Ce double regard scientifique vise à alimenter les questions de métier au regard de ses différents registres – personnel, impersonnel, inter-personnel et transpersonnel (Clot, 2007) – sans perdre de vue la question des savoirs, déclinés en savoirs disciplinaires, transversaux, professionnels, de métier, etc. Dans le cadre de cette intervention seront présentés les principaux fondements théoriques ainsi que les outils conceptuels, méthodologiques qui en découlent pour accompagner les professionnels et soutenir le développement de leur pouvoir d'agir. En prenant appui sur différentes recherches menées ou en cours, la démarche retenue et ses spécifications en fonction des contextes sera décrite au regard des outils mobilisés, de l'emboîtement des analyses et de l'implication différentielle des chercheurs et praticiens selon les étapes de la recherche. Nous discuterons également des conditions favorables, résistances et empêchements du développement de telles recherches.

Références

- Brière, F., Assude, T. et Guille-Biel Winder, C. (2024, sous presse). Analysis of a teacher training system through the prism of a comparative approach in didactics. *European Educational Research Journal, Special Issue on comparative didactics*.
- Brière, F. et Espinassy, L. (2023). De l'analyse du travail des professionnels de l'éducation aux perspectives (trans)formatives : quelles méthodes de recherche ? Presses universitaires de Provence, Collection Apprendre Enseigner.
- Brière, F. (2022). A collaborative study at the confluence of didactic and ergonomic approaches: issues, theoretical orientations and methodological approach. *iteur européen De Gruyter, Sciendo. 2nd SFERE-Provence/AMPIRIC conference on Education, 30 and 31 March 2021, Marseille, France, Sciendo*, pp.139-146, 2022, <10.2478/9788366675841-020>
- Brière, F. et Espinassy, L. (2021a). Pratiques dialogiques et expériences formatives au service du développement professionnel continu des enseignants. *Revista Linguagem em Foco, 13/1, 44-65*.
Disponível em : <https://revistas.uece.br/index.php/linguagememfoco/article/view/5482>.
<https://doi.org/10.46230/2674-8266-13-5482>
- Brière, F. et Simonet, P. (2021). Développement professionnel et co-construction de savoirs de métier d'étudiants stagiaires dans l'activité conjointe avec le formateur chercheur : analyses didactique et clinique de l'activité d'auto-confrontation croisée. *Éducation & Didactique, 15(1), 47-74*. Presses universitaires de Rennes. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.8259>
- Brière, F. et Espinassy, L. (2021b). De l'analyse de l'activité aux analyses didactiques : une recherche participative. Mise en œuvre de l'évaluation par compétences au cycle 3 en réseau d'éducation prioritaire. *Phronesis, 10(1), 18-36*. <https://doi.org/10.7202/1076180ar>

Communications simples

Utilisation de données authentiques sur les exoplanètes pour l'enseignement des lois de Kepler

Yves Debernardi¹, Marco Barroca-Paccard¹ 1 :

HEP-Vaud

Résumé

Si traditionnellement les données utilisées en enseignement des sciences étaient majoritairement peu nombreuses et directement exploitables, le développement des bases de données en lignes donne accès à des données de recherches nombreuses et complexes. Nous avons développé un cadre pour l'utilisation des bases de données en classe de sciences, mettant en évidence différents niveaux d'authenticité des données, allant de celles brutes et riches en complexité à celles simplifiées et spécifiques à des modèles scientifiques donnés. En utilisant l'exemple de l'astronomie et de la recherche d'exoplanètes à travers des plateformes telles que DACE (Data & Analysis Center for Exoplanets), nous montrons comment l'utilisation de données authentiques permet d'aborder les lois de Kepler, tout en soulignant les défis que représentent le traitement et l'interprétation de ces données pour les élèves, en raison des concepts mathématiques et physiques impliqués.

Mots-Clés : Données authentiques ; Bases de données ; Didactique de la physique ; Astronomie ; Exoplanète

Utilisation de données authentiques sur les exoplanètes pour l'enseignement des lois de Kepler

Introduction

La collecte et l'analyse des données jouent un rôle crucial, étant donné que la science et la société reposent de plus en plus sur des informations provenant de vastes ensembles de données (Noble, 2018). Dans le cadre scolaire, il semble nécessaire que les étudiants acquièrent la capacité de comprendre et d'utiliser les données pour prendre des décisions éclairées (Gould, 2017 ; Wolff et al., 2017). La maîtrise des données est aussi un élément essentiel pour les étudiants qui se préparent à des carrières dans les domaines de la science, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques.

Cette question de l'utilisation de données complexes, issues notamment de bases de données en ligne, est aussi une question émergente en didactique des sciences. En effet, une partie des savoirs disciplinaires ne peuvent pas être traités expérimentalement, car les objets d'étude ne sont pas accessibles, par exemple en écologie ou en astronomie. La solution couramment utilisée pour pallier cette difficulté est de faire appel à des recherches documentaires ou des simulations numériques. Cependant, le développement du mouvement *Open Data* rend disponibles des bases de données scientifiques permettant d'aborder différemment ces sujets. Dans le cadre d'un projet de recherche en cours, nous proposons dans cette communication de présenter un cadre pour penser l'utilisation de bases de données en classe de sciences et de voir les possibilités d'application en classe de sciences dans le cadre de l'enseignement des lois de Kepler en astronomie.

Il existe deux composantes principales dans l'utilisation des données en classe de sciences : les objectifs d'utilisation des données et leur degré de réalisme (Hunter-Thomson, 2019). Les objectifs de l'utilisation des données peuvent varier, allant de la compréhension de ce qui est déjà connu au sein de la communauté scientifique à la création de nouvelles connaissances dans le domaine scientifique. Le degré de réalisme des données utilisées est situé sur un continuum allant de données très simplifiées ou simulées destinées à démontrer un phénomène ou un concept scientifique jusqu'à des données brutes du monde réel, collectées à l'aide d'instruments ou d'équipements, sans avoir été traitées. Kjolvik et Schultheis (2019) proposent d'explorer le potentiel de l'utilisation de données issues de la recherche scientifique pour soutenir la maîtrise des données par les élèves en déterminant différents niveaux de complexité pour l'utilisation de données authentiques selon le champ d'application, la sélection effectuée sur les données, la curation réalisée, la taille du jeu de données et le niveau de "désordre" (valeurs manquantes et aberrantes, variabilité élevée...). Le choix de données authentiques conduit à gérer des données complexes, ce qui nécessite des outils spécialisés pour le décodage et le prétraitement. Cela implique que les élèves puissent réaliser leur analyse et possèdent une littératie des données.

La littératie des données en sciences

Si traditionnellement les données utilisées en enseignement des sciences étaient majoritairement peu nombreuses et directement exploitables, le développement des capteurs peu coûteux, des appareils mobiles, et des bases de données en lignes donne accès à des données authentiques qui nécessitent l'usage d'outils spécialisés pour le décodage et le prétraitement. Développer une littératie des données (*Data literacy*) semble donc essentiel dans le cadre de l'utilisation des jeux de données authentiques dans l'enseignement des sciences. Les données authentiques contiennent une variabilité qui leur donne le pouvoir de créer des opportunités d'apprentissage uniques qui révèlent la nature même de la science (Schultheis & Kjeldvik 2020). Ainsi les données authentiques peuvent contribuer à la compréhension de la Nature des Sciences (NoS) qui est fondamentale pour comprendre la science, perçue non seulement comme un ensemble de connaissances, mais aussi comme une activité humaine et dynamique ancrée dans un contexte culturel et social et permettant de développer une posture critique et réflexive vis-à-vis de la science.

Kjeldvik et Schultheis (2019) considèrent que la maîtrise des données se situe à l'intersection des domaines du raisonnement quantitatif et de la science des données et doit se réaliser dans un contexte authentique. La littératie des données dans le cadre de l'enseignement des sciences naturelles ne se réduit donc pas à une approche technique ou à une pensée computationnelle (Urbanová & Kotuláková, 2022). De multiples perspectives définissent la maîtrise des données chez les étudiants et les citoyens. Une analyse qualitative menée par Wolff et ses collègues (2017) a identifié les points communs parmi 23 définitions de la maîtrise des données. Ces définitions mettent notamment en lumière l'importance des contextes et des compétences de réflexion critique. Elles soulignent également la richesse du processus d'exploration des données, englobant la formulation du problème, la collecte, l'analyse, l'interprétation et la prise de décision. De même, une étude portant sur trente-deux articles publiés entre 2000 et 2015, menée par Ridsdale et al. (2015), a élaboré un cadre conceptuel décrivant les différents niveaux de maîtrise des données, ainsi que les connaissances, compétences et aptitudes clés associées. Ce cadre identifie quatre domaines de connaissances principaux : collecte, gestion, évaluation et application des données. Chaque domaine de connaissance comprend plusieurs compétences conceptuelles, fondamentales et avancées, elles-mêmes composées de connaissances et de tâches plus spécifiques, considérées comme cruciales pour la maîtrise des données.

Dans le cadre de ce projet de recherche, notre problématique est donc de développer un cadre conceptuel et pratique pour l'intégration de données authentiques dans l'enseignement des sciences, avec une application spécifique aux lois de Kepler et de l'étude d'exoplanètes en astronomie.

Un cadre pour penser le développement de la littératie des données à partir de données authentiques en classe de sciences

Sur la base de la caractérisation des données authentiques (Wolff et al., 2017), nous avons construit une proposition de caractérisation des données authentiques intégrant selon des niveaux d'authenticité croissante des données. Ces niveaux d'authenticité des données utilisées dans le cadre d'un enseignement des sciences (de 1 à 4) sont associés avec la complexité des données correspondant notamment à la quantité de données présentes dans la base ainsi qu'à leur variabilité

et leur spécificité et lien à un modèle à l'étude :

- Authenticité 4 : Les données identifiées comme d'intérêt (issues de la récolte de grande quantité de données par des capteurs lors de travaux en classe ou de parties de bases de données scientifiques accessibles en ligne (Kjelvik & Schultheis, 2019)) constituent des données brutes de départ. Ces données incluent à la fois des données appropriées et inappropriées et la base de données inclut des valeurs manquantes et des valeurs aberrantes. L'ensemble de données présente une forte variabilité et l'exploration et la visualisation des données nécessite une technologie spécifique (par exemple des plateformes de visualisation dédiées) pour être explorée, contient de nombreuses variables et/ou points de données. Les élèves doivent mener l'ensemble des analyses comme les scientifiques.
- Authenticité 3 : Si une sélection de données parmi l'ensemble précédent est réalisée pour permettre d'en faire l'étude, la quantité de données va fortement baisser, mais sans que la variabilité des données d'intérêt ne change. Les élèves définissent eux-mêmes les variables à analyser et doivent utiliser des approches statistiques ou mathématiques pour exploiter les données.
- Authenticité 2 : Les données subissent une sélection et aussi un certain nombre de traitements de manière à supprimer les "bruits" parasites et les données aberrantes ou à réaliser un prétraitement facilitant leur analyse. La variabilité des données va diminuer et la spécificité des données ainsi que leur lien au modèle va augmenter. Les données sont prêtes pour l'analyse, mais ne sont pas totalement résumées et les élèves définissent eux-mêmes les variables à analyser et doivent utiliser des analyses simples.
- Authenticité 1 : Enfin les données peuvent être entièrement traitées pour en diminuer fortement la quantité et la variabilité de manière à se limiter aux données et aux variables appropriées qui permettent de retrouver ou d'illustrer simplement un modèle scientifique scolaire. Les élèves peuvent explorer les données "à la main" ou avec une calculatrice. La spécificité des données à un modèle particulier devient alors très forte.

Bien que l'introduction de données brutes issues de la recherche contemporaine (authenticité 4) dans la salle de classe semble prometteuse, la mise en œuvre peut sembler insurmontable (Schultheis & Kjelvik, 2020)¹. Il existe à notre connaissance très peu d'exemples d'enseignement des sciences au niveau secondaire qui se base sur l'analyse de données d'authenticité 4. De manière à exemplifier comment ce type de données pourrait être implémenté dans un enseignement des sciences, nous allons, dans la suite de ce travail, nous intéresser à l'enseignement de l'astronomie en Suisse romande.

¹ De plus, si les données brutes correspondent à un haut niveau d'authenticité du point de vue scientifique, il n'en est pas forcément de même pour l'enseignement. Dans la recherche sur l'enseignement des sciences, le terme "authenticité" est débattu sous deux angles : l'authenticité disciplinaire, qui vise la similitude entre les activités des élèves et celles des scientifiques, et l'authenticité personnelle, axée sur la perception des élèves de la pertinence des activités (Perron & Marzin-Janvier, 2022). Dans cette proposition nous nous basons essentiellement sur l'authenticité disciplinaire.

La recherche des exoplanètes à partir de données authentiques

Actuellement, en Suisse romande, l'astronomie est abordée dans la première année d'école de maturité (plan d'étude-cadre du canton de Vaud pour les gymnases (DGEP, 2023)), en lien avec la gravitation, passe par l'étude des lois de Kepler². De manière à permettre un travail basé sur des données authentiques, nous avons construit une séquence d'enseignement utilisant les données de DACE (authenticité 4) pour aborder les contenus d'astronomie en première année d'école de maturité (16-17 ans). L'objectif est d'examiner le potentiel des données d'authenticité 4 en proposant une séquence potentielle les exploitant et du coup repérer les différents types d'activités relevant des différents niveaux d'authenticité des données. Nous décrivons une séquence potentielle d'activités, avec des exemples spécifiques, pour mettre en évidence la façon dont divers types d'activités peuvent être utilisés pour étayer les interactions des élèves avec des données astronomiques. Le potentiel sera évalué selon les critères de l'échelle d'authenticité.

Utilisation des données authentiques pour estimer les paramètres physiques de 51 Peg b dans le cadre scolaire

L'intégration de la recherche des exoplanètes dans les programmes éducatifs offre une occasion unique d'aborder les méthodes de recherche scientifique et la nature du savoir scientifique. Moyennant un document de cadrage, les élèves sont à même d'accéder aux données utilisées par les chercheurs. Il est possible d'utiliser les données authentiques provenant des mesures de la première exoplanète découverte (Mayor & Queloz, 1995 ; Peebles et al., 2019) disponibles sur *le Data & Analysis Center for Exoplanets*³ (DACE), un centre basé à l'Université de Genève dédié à la visualisation, à l'échange et à l'analyse de données sur les planètes extrasolaires.

L'objectif de la séance de travail consiste à se baser sur les données 51 Peg pour estimer la masse de l'étoile et la masse supérieure de l'exoplanète 51 Peg b (voir les détails en annexe), en utilisant le travail réalisé par les élèves. La démarche correspondra donc à l'analyse de données de niveau d'Authenticité 4 puisque les données disponibles sous DACE constituent des données brutes de départ. Ces données incluent à la fois des données appropriées et inappropriées et la base de données inclut des valeurs manquantes et des valeurs aberrantes. Le travail réalisé par les élèves va

² De plus suite à l'attribution du prix Nobel à Michel Mayor et Didier Queloz pour leur découverte d'une exoplanète orbitant une étoile de la séquence principale, la pratique courante en suisse romande s'est tournée vers une exploration des méthodes de détection des exoplanètes en commençant par la méthode des vitesses radiales, ce qui permet de retracer l'histoire de la découverte des exoplanètes, avant de passer aux techniques basées sur les transits planétaires et de souligner les limites actuelles de la détection et les défis inhérents à l'observation des planètes telluriques.

³ DACE est une plateforme du Pôle de recherche national suisse (PRN) PlanetS, qui fédère l'expertise suisse en matière de recherche sur les exoplanètes. La plateforme DACE est disponible à l'adresse suivante : <https://dace.unige.ch>.

donc constituer dans un premier temps à extraire les données correspondant au système 51 Peg. Ils vont donc passer à des données d'authenticité 3 (Figure 1). L'interface DACE met aussi à disposition une partie des outils de tri, sélection et analyse des observations. Les données vont subir une sélection et aussi un certain nombre de traitements de manière à supprimer les "bruits" parasites et les données aberrantes. Les outils proposés par DACE permettent aux élèves de réaliser ces traitements. Pour chaque observation, une barre d'erreur est ajoutée (niveau d'authenticité 2 - Figure 2). Les données sont prêtes pour l'analyse, mais ne sont pas totalement résumées et les élèves doivent utiliser des analyses simples comme la réalisation d'un graphique de phase des vitesses radiales qui montre la périodicité (Figure 3). Il est possible à partir des paramètres orbitaux et de la troisième loi de Kepler et des lois de la mécanique classique de Newton, d'estimer la masse de l'étoile et une limite supérieure pour la masse de 51 Peg b⁴. Les élèves sont ensuite invités à évaluer de la même manière la masse de l'étoile et de planètes sur d'autres systèmes planétaires.

Description des données utilisés par les élèves	Niveau d'authenticité	Activités en classe	Compétences en littératie des données développées
Données brutes, contenant des valeurs aberrantes et une forte variabilité.	4	Exploration et visualisation des données. Analyse complète comme les scientifiques.	Interprétation de données complexes, utilisation d'outils de visualisation avancés, développement d'une compréhension nuancée des données.
Sous-échantillon de données pertinentes, quantité réduite, variabilité maintenue.	3	Définition des variables par les élèves, utilisation d'approches statistiques pour l'exploitation.	Compétences statistiques, capacité à sélectionner et analyser des ensembles de données pertinents.
Données prétraitées pour supprimer le bruit et les valeurs aberrantes,	2	Analyse des données prétraitées, utilisation d'analyses simples.	Analyse des données avec moins de variabilité, utilisation de méthodes statistiques de base pour l'interprétation.
Données traitées, quantité et variabilité réduites, fortement liées à un modèle scientifique.	1	Exploration des données avec une calculatrice, retrouvailles ou illustration d'un modèle scientifique.	Capacité à travailler avec des données simplifiées, compréhension des modèles scientifiques (loi de Kepler et mécanique Newtonienne) à travers des exemples concrets.

Tableau 1 : Les types de données et les activités envisagées en relation avec les compétences en littératie des données développées

⁴ Les vitesses radiales permettent de contraindre les modèles selon un axe, l'axe z. Pour avoir une détermination complète et avec peu d'erreurs des paramètres physique, il est nécessaire d'avoir l'orbite en entier soit selon les 3 axes. S'il est possible d'observer un transit de l'exoplanète devant son étoile en plus des vitesses radiales, alors le système est contraint et ceci permet d'utiliser les lois de Kepler et la théorie de la gravitation universelle pour réaliser le calcul de la masse d'une exoplanète

Données authentiques sur les exoplanètes

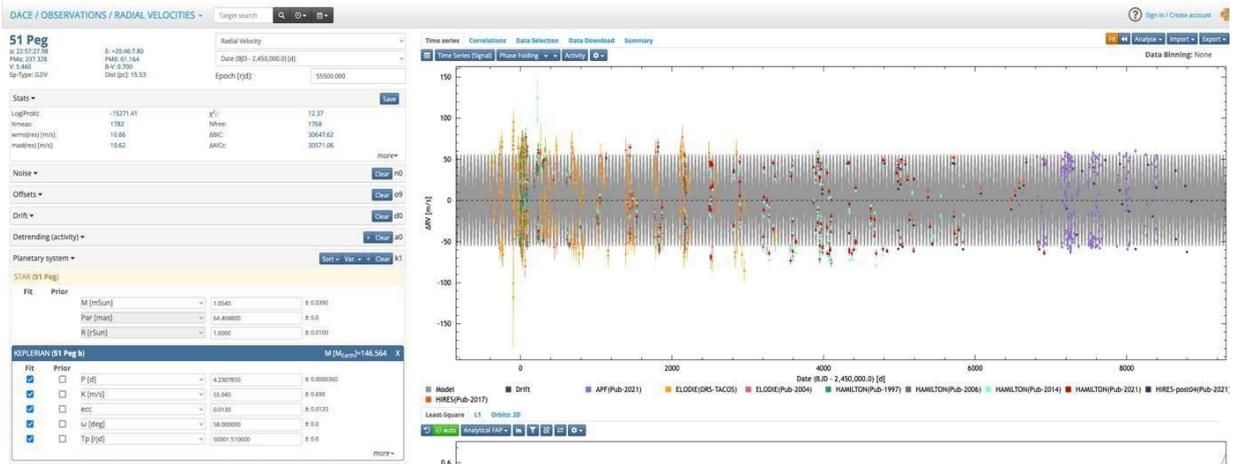


Figure 1 : Capture d'écran de DACE avec les vitesses radiales de 51 Peg ainsi que les paramètres orbitaux.

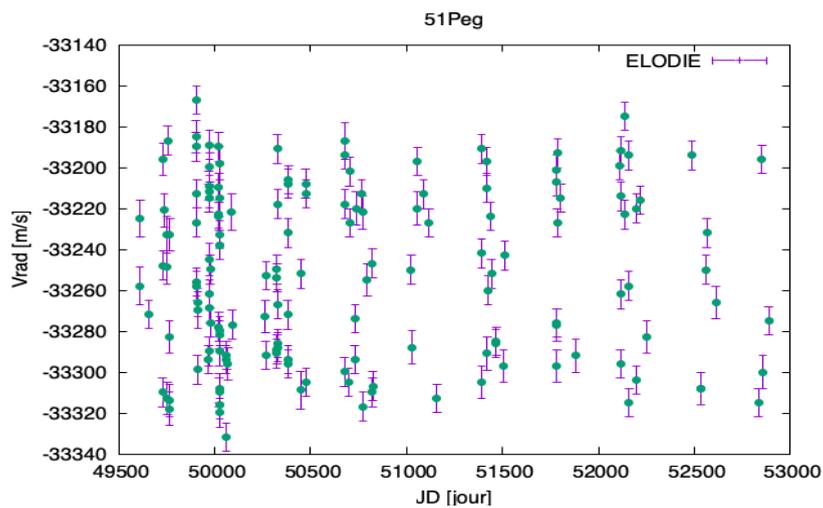


Figure 2 : Graphique des données après extraction et élimination des données aberrantes

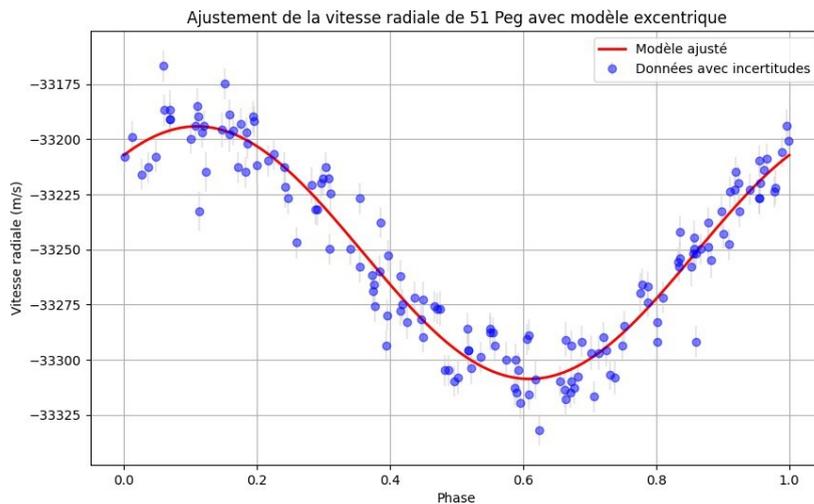


Figure 3 : Diagramme de phase de la vitesse radiale

Conclusion

Avec le développement de bases de données scientifiques et de capteurs numériques, l'accessibilité à des données authentiques pour l'enseignement des sciences est devenue beaucoup plus facile. Cependant leur prise en main et leur analyse constituent un défi. Notre travail montre à partir de données astronomiques et d'outils disponibles sous DACE le potentiel de ce type d'analyses authentiques pour construire une séquence d'enseignement basée sur des données brutes (authenticité 4). L'utilisation des outils présents dans DACE semble donc à la portée des élèves, toutefois, les défis rencontrés, notamment la complexité des données et leur traitement, soulignent la nécessité d'une collaboration étroite entre les domaines des mathématiques et des sciences. De plus, si cette séquence semble permettre d'assurer l'authenticité disciplinaire de l'enseignement de l'astronomie, un travail est en cours pour étudier si les élèves perçoivent cela et construisent une authenticité personnelle en utilisant des données authentiques.

Bibliographie

- DGEP, DEF (2023). *École de maturité*. Canton de Vaud. Récupéré de https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/organisation/dfj/dgep/dgep_fichiers_pdf/DGEP_brochure_EM_web.pdf
- Gould, R., Sunbury, S., & Dussault, M. (2014). In praise of messy data. *Science Teacher*, 81(8), 31.
- Gould, R. (2017). Data Literacy is Statistical Literacy. *Statistics Education Research Journal*, 16(1), 22–25. <https://doi.org/10.52041/serj.v16i1.209>
- Hunter-Thomson, K. (2019). Data literacy 101: What do we really mean by "data"? *Science Scope*, 43(2), 84-88.
- Kjelvik, M. K., & Schultheis, E. H. (2019). Getting Messy with Authentic Data: Exploring the Potential of Using Data from Scientific Research to Support Student Data Literacy. *Life Sciences Education*, 18(2), 1–8. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-02-0023>
- Mayor, M., & Queloz, D. (1995). A Jupiter-mass companion to a solar-type star. *Nature*, 378(6555), 355–359. <https://doi.org/10.1038/378355a0>
- Noble, S. U. (2018). *Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism by Safiya Umoja Noble*. NYU Press. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>
- Peebles, J., Mayor, M., & Queloz, D. (2019). *The Nobel Prize in Physics 2019*. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2019/press-release/>
- Perron, S. & Marzin-Janvier, P. (2022). Les projets de sciences participatives à l'École : pour quelle authenticité de l'enseignement-apprentissages en sciences ? Cas du projet Oak bodyguards en France. *Review of science, mathematics and ICT education*, 16(2).
- Ridsdale, C., Rothwell, J., Smit, M., Ali-Hassan, H., Bliemel, M., Irvine, D., Wuetherick, B., Wuetherick, B. (2015). *Strategies and best practices for data literacy education*. Knowledge synthesis report. Dalhousie University. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1922.5044>
- Schultheis, E. & Kjelvik M. (2020). Using Messy, Authentic Data to Promote Data Literacy & Reveal the Nature of Science. *The American Biology Teacher* 1, 82(7): 439–446. doi: <https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.7.439>
- Urbanová, J., & Kotuřáková, K. (2022). Data Literacy in Science Education: Research Studies Review. *Project-based and other student-activation strategies and issues in science education xx*, 125.
- Wolff, A., Wermelinger, M., & Petre, M. (2017). Creating an Understanding of Data Literacy for a Data-driven Society. *The Journal of Community Informatics*, 12(3), 9–26.

Annexes

Annexe 1: Lien entre les données authentiques disponibles sur les exoplanètes, la troisième loi de Kepler et la théorie de la gravitation

En 1995, Michel Mayor et Didier Queloz ont découvert la première exoplanète, 51 Peg b, hors de notre système solaire, marquant une avancée majeure en astrophysique⁵. Leur contribution a conduit à une prolifération de recherches sur les exoplanètes, recensant aujourd'hui plus de 5000 découvertes. Plusieurs méthodes d'observations peuvent être utilisées pour la détection des exoplanètes et notamment :

- la "méthode des vitesses radiales", qui repose sur l'observation de la variation du décalage Doppler entre le spectre de l'étoile et un spectre de référence.
- la méthode du "transit", qui se base sur la variation de la luminosité lors du passage, transit, de la planète devant l'étoile.

À partir des données de vitesses radiales, il est possible de déterminer une périodicité des variations qui correspond à la période orbitale de l'exoplanète. À l'aide de cette période, une remise en phase des données montre une courbe sinusoïdale qui correspond à la projection d'un mouvement circulaire sur un axe³. Dans le cas de 51 Peg b, l'hypothèse du mouvement circulaire est utilisable au vu de la courte période (4,23 jours). Une fois ce mouvement établi, il est possible de montrer que le modèle de Kepler l'explique parfaitement. Aller plus loin dans la détermination des paramètres physiques de 51 Peg b nécessite de mobiliser des connaissances qui sont hors du périmètre des cours du secondaire.

⁵ En reconnaissance de cette avancée, ils ont reçu le prix Nobel de physique 2019, partagé avec James Peebles, pour leur impact significatif sur la compréhension des systèmes planétaires extraterrestres.

La conception d'expérience sur une plateforme numérique dans l'enseignement expérimental à l'université

Isabelle Girault¹, Stéphanie Agesti¹, Maelle Planche¹, et Claire Wajeman¹

¹Laboratoire d'Informatique de Grenoble - MeTAH – Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes, Institut Polytechnique de Grenoble - Grenoble Institute of Technology – France

Résumé

Les approches pédagogiques de type inductiviste sont critiquées, et des études démontrent les avantages d'impliquer les étudiants dans la conception d'expériences. A partir de l'analyse de 70 activités expérimentales réalisées dans l'enseignement supérieur, sur une plateforme numérique, notre étude montre six types d'activités regroupées en deux catégories en fonction de la participation des étudiants à l'écriture du protocole. Les résultats révèlent une prédominance des activités engageant les étudiants dans la conception d'expériences. La discussion met en avant la perception positive des enseignants quant à la nécessité de faire concevoir des expériences aux étudiants pour les immerger dans la complexité de l'expérience. La plateforme numérique facilite le suivi à distance, et l'utilisation d'un outil "protocole" aide à structurer la tâche et permet des activités originales.

Mots-Clés: protocole expérimental, conception d'expérience, travaux pratiques, guidage, environnement numérique

La conception d'expérience sur une plateforme numérique dans l'enseignement expérimental à l'université

Introduction

La conception d'expériences à l'université

Quelle est la différence entre chercheurs et étudiants qui conçoivent une expérience ? Beney (1998), cité dans Séré (2002, p. 637) suggère que là où « les premiers disposent de procédures facilement accessibles, les seconds sont privés de procédures et sont continuellement entravés par des obstacles correspondants ». Ainsi une transposition de la démarche du scientifique dans l'enseignement semble nécessaire, avec un accompagnement de l'activité expérimentale.

Dans leur synthèse bibliographique sur l'enseignement des sciences au laboratoire, Hofstein et Lunetta (2004) montrent la prédominance des approches pédagogiques inductivistes dites « recette de cuisine », où les élèves effectuent des expériences en suivant une liste de tâches fournies. Ce genre d'enseignement présente des limites, car l'application stricte d'instructions limite l'engagement des apprenants, qui sont souvent peu amenés à réfléchir au processus qu'ils mettent en œuvre ou aux raisons sous-jacentes de leurs actions (Millar, 2004).

Des études montrent qu'impliquer les étudiants dans la conception d'expériences, les aide à acquérir des compétences scientifiques, à construire du sens et de nouvelles habiletés (Etkina et al., 2010 ; Karelina & Etkina, 2007) ainsi que des connaissances procédurales (Séré, 2002).

Concevoir une expérience implique la formalisation écrite d'un protocole expérimental, spécifique à cette expérience. Le protocole organise de manière détaillée les actions à mettre en œuvre et peut mentionner divers éléments comme le principe de l'expérience ou la liste du matériel.

Le guidage de la conception d'expérience par un outil numérique

Faire concevoir une expérience par des élèves est une tâche complexe. Séré et Beney (1997) montrent que dans les travaux pratiques (TP) classiques, les étudiants ne sont pas habitués à planifier des actions, ce qui semble être un obstacle aux apprentissages conceptuels car les étudiants ne mettent pas toujours de sens sur les différentes actions qu'ils sont amenés à effectuer. Les travaux qui pointent l'intérêt de concevoir une expérience, montrent aussi la complexité de la tâche (Berthet et al., 2015 ; Etkina et al., 2010) et l'intérêt d'un guidage. En effet, la conception d'une expérience implique la réalisation de tâches nouvelles pour les étudiants, ce qui peut être facilité par un guidage qui peut prendre diverses formes, dont l'utilisation d'un outil numérique. Des travaux rapportent l'apport du numérique dans des exercices de préparation au TP ('pré-lab'), afin d'aider l'élève à comprendre le protocole qu'il réalisera ensuite. Par exemple, Verstege et al. (2022) ont proposé des protocoles interactifs pour préparer les étudiants au travail en laboratoire, en intégrant aux étapes du protocole fourni par les enseignants, des questions de types variés pour faire réfléchir les élèves sur le protocole. Peu de travaux décrivent l'usage d'outils numériques pendant la phase d'écriture d'un protocole. Monod-Ansaldi et al. (2016) étudient l'impact de tablettes numériques pour faciliter la révision des écrits. Il

s'agit là d'une aide à la réalisation de la tâche par réduction de la charge de travail. Girault et d'Ham (2014) décrivent comment un outil numérique peut aider les élèves en pré-structurant un protocole, ainsi qu'en proposant des rétroactions personnalisées.

Questions de recherche

Dans le cadre d'enseignements expérimentaux proposés à l'université sur la plateforme LabNbook, nous cherchons à identifier et caractériser les activités en lien avec la conception d'expériences, proposées par les enseignants. Quelle est la place accordée par les enseignants à l'écriture d'un protocole sur la plateforme ? Quel guidage est proposé par les enseignants lors de cette activité sur LabNbook ?

Méthodologie

Corpus de données

Nous avons recueilli et analysé 70 activités expérimentales proposées sur LabNbook (labnbook.fr) entre 2018 et 2020 dans 17 unités d'enseignements différentes, de niveau Licence à Master. Sur LabNbook, les enseignants conçoivent et construisent chaque activité à leur guise. Une activité est appelée « mission » et définit un cadre de travail, identique pour tous les étudiants, qui sert ensuite de support à l'activité des étudiants. Chaque équipe d'étudiants rédige son « rapport » en produisant ou complétant des documents dans le modèle d'activité proposée par l'enseignant.

Analyse des données

Nous utilisons le modèle de cycle expérimental (d'Ham et al, 2020) pour caractériser et discuter les démarches préconisées par les enseignants. Ce cycle expérimental est composé d'une succession de tâches ordonnées, sans toutefois impliquer une démarche linéaire : la formulation du problème, l'émission d'hypothèses ou de résultats attendus, la vérification de l'hypothèse par la conception de l'expérience, la réalisation de l'expérience, l'analyse des résultats et l'interprétation des résultats avec un retour sur l'hypothèse de départ. Nous nous intéressons spécifiquement au travail demandé par les enseignants en lien avec la conception d'une expérience, lors d'activités expérimentales. L'écriture d'un protocole expérimental explicite et formalise l'expérience et accompagne sa conception. LabNbook propose un outil spécifique pour la rédaction d'un protocole, éventuellement configurable par les enseignants : un protocole comporte notamment un champ « mode opératoire » structuré en étapes et en actions, et demande l'explicitation de l'objectif de l'expérimentation et des hypothèses à tester (voir Figure 1). Nous regarderons quelle utilisation est faite de ce document protocole. Nous caractérisons également les guidages mis en place par les enseignants en nous basant sur les catégories de guidage proposées dans Wajeman et al. (2021).

Un protocole

Question de recherche ou objectif
Décrivez l'objectif de votre expérimentation : la question à laquelle vous voulez répondre et/ou les objets que vous voulez produire.

Hypothèses ou résultats attendus
Lister les hypothèses que vous souhaitez tester au cours de votre expérimentation et/ou les résultats que vous pensez obtenir.

Principe de la manipulation
Décrivez rapidement la stratégie, les moyens que vous allez mettre en place. Le principe de manipulation ressemble à un mode opératoire succinct ne contenant pas les paramètres de la manipulation.

Liste du matériel

Mode opératoire

- Ajouter une étape
- Ajouter une action
- Coller une étape ou action

Figure 1 : Copie d'écran d'un document vide (avant rédaction) de type « protocole » dans LabNbook. Le site labnbook.fr présente quelques exemples rédigés.

Résultats

Des activités d'enseignement expérimental

L'analyse des 70 activités proposées sur LabNbook permet de distinguer six types d'activités, que nous avons groupés en deux catégories selon la place accordée à l'écriture d'un protocole.

- Dans la première catégorie (20/70 missions), les enseignants n'attendent pas de contribution des étudiants dans l'écriture d'un protocole.
- Dans la deuxième catégorie d'activités (50/70 missions), les étudiants sont amenés à produire tout ou partie du protocole.

Catégories d'activité	Type d'activité	Description	Nombre de missions concernées (sur 70 missions)
Pas d'écriture du protocole	A	Travail centré sur le traitement de données et leur interprétation	17
	B	Travail sur les résultats attendus	3
Écriture du protocole par les étudiants	C	Travail sur la conception d'expérience	10
	D	Démarche expérimentale commençant par la conception d'une expérience	12
	E	Démarche expérimentale à partir d'un problème posé par l'enseignant	26
	F	Démarche expérimentale impliquant toutes les tâches du cycle expérimental	2

Tableau 1 : Activités proposées par des enseignants sur LabNbook, en lien avec la conception d'expériences

Voici des précisions pour chaque type d'activité

- Les 17 missions de type A correspondent à des TP classiques où les étudiants appliquent un protocole fourni par l'enseignant.
- Les types B et C correspondent à des missions se limitant à une activité préparatoire à un TP, dont le rapport est réalisé en dehors de la plateforme. Nous les avons sélectionnées car elles vont nourrir la discussion.

- Dans les 3 missions de type B, les enseignants demandent uniquement aux étudiants de faire une prédiction des résultats attendus.
- 10 missions (type C) impliquent l'écriture d'un protocole par les étudiants, avec parfois une activité préalable de formulation du problème et/ou d'hypothèses.
- Dans les 12 missions de type D, le travail demandé commence par l'écriture du protocole, le problème et les résultats attendus n'étant donc pas à la charge des étudiants.
- Dans les 26 missions de la démarche E, seul le problème est pris en charge par l'enseignant.
- L'activité des 2 missions de type F est plus ouverte, elle demande plus d'autonomie aux étudiants concernés, qui sont en master.

Les guidages proposés par les enseignants pour la conception d'expérience

Nous nous focalisons ici sur les 50 missions qui mettent en jeu un travail de conception d'expérience par les étudiants (types C, D, E et F). Nous avons repéré deux niveaux d'implication des étudiants dans l'écriture du protocole expérimental.

- Niveau 1 : l'écriture du protocole expérimental est totalement à la charge des étudiants pour au moins une expérience (41/50 missions)
- Niveau 2 : une écriture partielle du protocole par les étudiants est attendue, l'enseignant ayant pris en charge l'autre partie (15/50 missions)

6 missions appartiennent aux 2 catégories car elles intègrent plusieurs expériences avec une attente différente pour chacune vis-à-vis de l'écriture du protocole. Nous détaillons les guidages dans chaque cas et le rôle que joue la plateforme numérique.

Dans les 41 missions pour lesquelles l'écriture du protocole est à la charge des étudiants (niveau 1), il existe un guidage sur la démarche que les enseignants réalisent de deux façons différentes.

- Dans 19 missions, le guidage consiste uniquement à prescrire la tâche de conception expérimentale et apparaît dans les consignes ou dans les ressources associées aux missions.
- Dans les 22 autres missions, les étudiants doivent écrire l'intégralité du contenu du protocole dans un espace dédié et imposé. Dans 7 missions, c'est un document texte dont le nom explicite l'activité attendue. Dans les 15 autres missions, c'est un document de type « protocole ».

Dans les 15 missions de niveau 2, un guidage de la tâche de conception d'expérience est mis en place dans la plateforme par les enseignants.

- Dans 4 missions, ce sont des informations pour aider à réaliser la tâche, situées dans les consignes ou les ressources.
- Dans les 11 autres missions, le protocole est partiellement écrit et donc à compléter par les étudiants. Dans 3 missions, il s'agit d'un document texte, et pour les 8 autres missions d'un document de type « protocole ».

Discussion

Les résultats sont discutés ici en s'appuyant sur des extraits d'interviews réalisées auprès d'enseignants, qui apportent un éclairage sur leurs motivations à proposer des activités de conception d'expérience à leurs étudiants, dans LabNbook. Ces interviews, ne seront pas détaillées dans cette communication.

Les activités de TP dans lesquelles les étudiants doivent simplement appliquer un protocole expérimental sont fréquentes au lycée (Abrahams & Millar, 2008 ; Richoux & Beaufils, 2005). Notre étude montre à l'inverse que dans une grande majorité des activités d'enseignement expérimental étudiées, et proposées dans le supérieur, il existe un travail demandé aux étudiants sur la conception d'expérience. Les enseignants semblent ainsi percevoir l'intérêt de faire concevoir des expériences à leurs étudiants. Les interviews nous ont permis de comprendre les motivations des enseignants en lien avec la conception d'expérience par leurs étudiants. Les enseignants veulent proposer une activité qui oblige les étudiants à entrer dans la complexité de l'expérience, plutôt que de lire un protocole en début de TP et de l'appliquer sans en percevoir le sens. Dans quelques missions (type B), les étudiants doivent uniquement formuler les résultats attendus. Même si nous avons classé ces missions dans la catégorie d'activité qui ne demande pas l'écriture d'un protocole aux étudiants, ces missions relèvent de la même préoccupation car le fait d'anticiper sur les résultats attendus incite les étudiants à se projeter dans l'expérience qui sera réalisée.

Si nous cherchons maintenant à comprendre en quoi la plateforme a aidé les enseignants à mettre en place une activité de conception d'expérience, plusieurs éléments ressortent de l'analyse des missions et des interviews. Tout d'abord, la plateforme permet de faire un travail à distance. Nous avons identifié 13 missions (types B et C) dédiées à un travail de préparation des TP. Le fait de faire cette activité en amont des TP sur une plateforme numérique permet aux enseignants de suivre à distance ce que font les étudiants, éventuellement d'annoter les rapports et ainsi de gagner du temps en séance. Ce travail d'écriture de protocole expérimental comme préparation de TP existe dans d'autres missions non dédiées à la préparation (nous avons recensé 16 missions parmi les types D, E et F). Un autre apport de la plateforme pour concevoir des expériences est l'utilisation d'un outil de type « protocole » dédié à cette activité. Dans beaucoup de missions, les enseignants se sont appropriés le document « protocole ». De même, des étudiants de master 1, ayant utilisé ce type de document en licence, choisissent spontanément d'utiliser le document « protocole » quand ils en ont l'usage. Dans les interviews, les enseignants évoquent la structuration de la tâche apportée par cet outil. Il s'agit d'un guidage de type « structuration par un outil » (Wajeman et al., 2021), qui peut rejoindre la proposition d'étayage de Monod-Ansaldi et al. (2016). Par ailleurs, le document protocole de LabNbook offre la possibilité de proposer des activités originales quand le protocole est en partie à la charge des enseignants (Wajeman et al., 2019). Une enseignante indique qu'au début elle demandait aux étudiants de licence 1 d'écrire un protocole à partir d'un grand principe « par exemple la chromatographie ». Comme les étudiants n'y arrivaient pas, elle a changé l'activité, en proposant un protocole à trou à compléter dans l'outil texte. Elle a ensuite découvert l'outil protocole et accompagne

ses étudiants de manière plus satisfaisante en leur demandant d'ordonner les étapes dans l'ordre chronologique de l'expérience.

Bibliographie

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Berthet, A., Girault, I., & d'Ham, C. (2015). Difficultés d'élèves pour élaborer un protocole expérimental. Un exemple en classe de terminale S. *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, 109(978), 1395-1408.
- d'Ham, C., Wajeman, C., Girault, I., & Marzin-Janvier, P. (2020). *Transposition de la démarche expérimentale dans un environnement numérique de support. LabNbook, de la caractérisation didactique à l'utilisation en situation écologique*. 11e rencontres scientifiques de l'ARDiST, Bruxelles, Belgique.
- Etkina, E., Karelina, A., & Ruibal-Villasenor, M. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98. <https://doi.org/10.1080/10508400903452876>
- Girault, I., & d'Ham, C. (2014). Scaffolding a Complex Task of Experimental Design in Chemistry with a Computer Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 514-526. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9481-5>
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sci.10106>
- Karelina, A., & Etkina, E. (2007). Acting like a physicist: Student approach study to experimental design. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 3, 12 pages (online journal: <http://prst-per.aps.org/>).
- Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Presented at the High school science laboratories: Role and vision, Washington DC: National Academy of Sciences.
- Monod-Ansaldi, R., Prieur, M., Arbez, I., & Golay, A. (2016). Étayer la conception de protocoles expérimentaux par des élèves de CM2 pour évaluer l'entrée d'eau dans la plante. *RDST*. <https://doi.org/10.4000/rdst.1144>
- Richoux, H., & Beaufils, D. (2005). Conception de travaux pratiques par les enseignants : Analyse de quelques exemples de physique en termes de transposition didactique. *Didaskalia*, 27, 11-39.
- Séré, M. G. (2002). Towards renewed research questions from the outcomes of the European project labwork in science education. *Science Education*, 86(5), 625-643.
- Séré, M. G., & Beney, M. (1997). Le fonctionnement intellectuel d'étudiants réalisant des expériences : Observation de séances de travaux pratiques en premier cycle universitaire scientifique. *Didaskalia*, 11, 75-102.
- Verstege, S., Lamot, W., Vincken, J.-P., & Diederens, J. (2022). Design of Interactive Protocols that Help Students to Prepare for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 612-618. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00541>
- Wajeman, C., Girault, I., d'Ham, C., & Planche, M. (2019). Use of a computer tool in science

teaching to support the design of experiments. *Proceedings of the 13th European Science Education Research Assoc. Conference.*

Wajeman, C., Girault, I., Hoffmann, C., Planche, M., Mandran, N., & d'Ham, C. (2021). Guider l'enseignement d'une démarche expérimentale avec un environnement informatique : Étude de cas en école d'ingénieur. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, 161-183.

Transformation numérique dans l'enseignement de la chimie organique à l'université : les attentes et défis des enseignants révélés !

Meriem Harabi¹, Chiraz Kilani¹

1 : ISEFC

Résumé

Cet article explore les perspectives des enseignants universitaires de chimie organique en Tunisie sur l'intégration des nouvelles technologies éducatives (NTE). L'objectif principal est d'identifier leurs besoins, défis et attentes en matière de formation et d'utilisation des outils technologiques. La méthodologie comprend l'envoi d'un questionnaire à dix enseignants, avec une analyse qualitative des réponses selon dix catégories. Les résultats mettent en lumière des disparités de formation, des divergences quant à la nécessité de la formation en didactique, des défis variés liés à la complexité de la discipline, un fort intérêt pour les outils technologiques, et une volonté d'adapter la formation aux réalités modernes. Ces conclusions appellent à optimiser l'enseignement de la chimie organique avec les NTE.

Mots-Clés: NTE ; Université ; Chimie organique ; Technologie

Transformation numérique dans l'enseignement de la chimie organique à l'université : Les attentes et défis révélés !

Introduction

Les recherches antérieures en didactique de la chimie à l'université montrent que la chimie organique est une discipline complexe dans son enseignement et son apprentissage. En effet, il s'agit d'un « *volume important des connaissances* » (Lafarge, 2010, p. 8) et peu de temps disponible pour les traiter. D'après Green et Roll Nick (2006) « *la chimie organique fait partie des enseignements scientifiques les plus difficiles ... La difficulté viendrait en partie de la nature du contenu disciplinaire et de la structure linéaire de cet enseignement* » (p. 15). Selon Agerbi (2001, 2004), l'apprentissage du système symbolique d'une discipline se produit lors de son utilisation par l'enseignant, sans que les règles de fonctionnement ne soient explicitement définies, ce qui rend son enseignement et son apprentissage difficiles. Bradley et al. (2002) ont constaté une anxiété croissante et une résistance à l'approche basée sur la mémorisation chez les étudiants. De sa part, Lafarge (2010) souligne que l'aspect enseignant n'a pas été spécifiquement étudié dans la recherche antérieure, qui a principalement porté sur les conceptions des apprenants et les aspects épistémologiques de la discipline. Cependant, des recherches récentes menées par Harabi et Kilani (2019, 2021, 2023) sur la pratique enseignante de deux enseignants ont mis en lumière des différences significatives dans la construction du savoir. D'autres recherches, telles que celles de Stowe et al. (2020), Céci (2018), et Dorian et al. (2017), ont examiné l'impact positif de l'intégration des Nouvelles Technologies de l'Éducation (NTE) dans l'enseignement de la chimie organique à l'université. En outre, les études de Romero et al. (2019) ont exploré l'utilisation de blogs et de vidéos pour enseigner cette discipline, démontrant un effet bénéfique sur la coopération étudiants-enseignants. De même, les travaux de Crucho et al. (2020) ont confirmé que les NTE favorisent l'apprentissage dans le contexte de l'enseignement à distance de la chimie organique.

Problématique

Forts de ces constats, nous supposons que les NTE améliore l'enseignement et l'apprentissage de la chimie organique en supérieur. Nous visons à examiner l'intérêt de quelques enseignants universitaires de chimie organique en Tunisie à intégrer des NTE, en se concentrant sur leurs croyances et leurs besoins en technologie et formation. En effet, les croyances forment les opinions et les interprétations réflexives des expériences des enseignants (Tabachnick & Zeichner, 1984). Nous souhaitons également aborder les défis liés à la complexité de cette discipline et aux compétences techniques insuffisantes des enseignants, comme souligné par Walha et Peters (2011). En conséquence, notre recherche vise à répondre à la question suivante : quels sont les facteurs qui influent sur l'intérêt des enseignants universitaires en chimie organique à intégrer des NTE ?

Méthodologie

Cette étude exploratoire vise à examiner l'intérêt des enseignants universitaires de la chimie organique dans trois universités Tunisiennes (Carthage, UVT et Jendouba) aux NTE. Afin de réaliser cela, nous concevons un questionnaire (annexe1) comme outil de collecte de données.

Échantillonnage des Participants

Nous avons sélectionné un échantillon de 10 enseignants universitaires en chimie organique d'expériences de 1 à 28 ans. Sur les 10 enseignants sollicités, 8 ont participé à l'étude avec 5 PE¹ (entre 10 et 28 ans d'expérience) et 3 PN² (entre 1 et 5 ans d'expérience).

Instrument de Collecte de Données

Le questionnaire élaboré spécifiquement pour cette étude est inspiré des recherches antérieures sur les pratiques déclarées (Bernet & Karsenti, 2013 ; Karsenti et al., 2012). Il comporte 13 questions dont 3 fermées et 10 ouvertes. Afin d'explorer les facteurs influençant l'intérêt des enseignants à intégrer les NTE, les deux premières questions sont conçues pour identifier l'enseignant tandis que les questions suivantes explorent l'encadrement institutionnel, l'expérience dans l'enseignement de la discipline avec et sans NTE.

Analyse des Données

Nous avons opté pour une approche d'analyse de contenu (L'Écuyer, 1990 ; Lefrançois, 1991), en suivant un processus en trois étapes, inspiré de L'Écuyer (1990). Les verbatim ont été analysés, classifiés et codifiés pour élaborer des catégories (tableau 1), où la catégorie forme « une production textuelle » pour dénommer un phénomène perceptible (Paillé & Mucchielli, 2012). Les catégories établies couvrent divers aspects : la formation pédagogique ; les croyances des enseignants envers la formation en didactique et pédagogie ; les obstacles, les défis et les avantages perçus. De plus, elles abordent les types de dispositifs technologiques utilisés ou souhaités : la participation à des projets de recherche, les compétences nécessaires ainsi que les tendances émergentes dans le domaine.

Réponse à la question ⁴	Identification des verbatim pertinents	Sélection des passages significatifs	Attribution de codes aux verbatim	Catégorie
PN2 « Je suis convaincu que la formation en didactique et en pédagogie est essentielle » PN1 « à mon avis l'enseignant doit assister à des formations en didactique au fur et à mesure de l'exécution de son métier » PE5 « Je crois fermement que les formations en didactique et en pédagogie sont indispensables, notamment dans les études fondamentales et doctorales »	Les participants expriment une forte conviction quant à l'importance et à l'indispensabilité des formations en didactique et en pédagogie universitaire pour améliorer les pratiques	"Je suis convaincu » « est essentielle » « À mon avis » « doit assister » "Je crois fermement » « indispensable... les études fondamentales et doctorales »	Conviction de l'importance de la formation Conviction de l'indispensabilité des formations	Croyances à propos de la formation en didactique et en pédagogie universitaire

Tableau1 : Etapes de catégorisation

¹ PE : enseignant Expérimenté

² PN : enseignant Novice

Résultats

La première observation (Tableau 2) souligne la disparité des expériences de formation parmi les 8 enseignants interrogés. La majorité des PE témoignent d'une réception de formations jugées « *sans réel intérêt et non spécifiques* » (PE2). Par contre, les PN ont eu la chance de bénéficier d'une formation pédagogique. Cette différence d'accès à la formation souligne la nécessité d'une réévaluation des programmes de développement professionnel. Concernant la nécessité de la formation en didactique et en pédagogie universitaire, les perspectives divergent parmi les enseignants. Certains insistent sur l'importance d'une formation continue tout au long de la carrière : « [...] *à mon avis l'enseignant doit assister à des formations en didactique au fur et à mesure de l'exécution de son métier* » (PN1). D'autres préconisent une initiation préalable « *au recrutement* » (PE4) ou aux « *dernières années des licences fondamentales* » (PE2). Ces divergences mettent en lumière la diversité des croyances et des besoins en formation, suggérant des approches personnalisées pour répondre aux attentes spécifiques des enseignants.

Catégorie	Intervenant	Observation
Formation et accompagnement pédagogique	Les PE	Rarement durant la carrière professionnelle
	Les PN	Au début de carrière professionnelle.
Croyances à propos de la formation en didactique et en pédagogie universitaire	3 PN/1 PE	Tout au long de la carrière
	4 PE	Durant la formation de base

Tableau 2 : Observation en lien avec les catégories 1 et 2

Les résultats mentionnés dans le Tableau 3 montrent de manière significative les défis inhérents à l'enseignement de la chimie organique. Les PE soulignent unanimement la complexité intrinsèque de la matière, la qualifiant de "*difficile et dure à appréhender*" (PE2), tandis que d'autres insistent sur la nécessité d'une "*capacité de mémorisation*" (PE4). Ces observations confirment l'analyse antérieure, mettant en évidence la nature exigeante de la chimie organique et la nécessité pour les étudiants de maîtriser un contenu dense et complexe. D'autre part, les enseignants novices mettent l'accent sur des contraintes pratiques telles que le "*manque de moyens techniques et des conditions opératoires au sein des salles d'expériences*" (PN1) et le "*non-déroulement efficace des travaux pratiques en chimie organique*" (PN3). Ces préoccupations reflètent les défis concrets rencontrés dans le cadre de l'enseignement pratique, soulignant l'importance des ressources et de l'infrastructure pour un enseignement efficace. Ainsi, les réponses des enseignants fournissent un aperçu précieux des obstacles variés rencontrés dans l'enseignement de la chimie organique, renforçant ainsi notre compréhension des défis inhérents à cette discipline. Les 8 enseignants soulignent l'intérêt des NTE pour visualiser structures et mécanismes réactionnels pour favoriser l'apprentissage dans un milieu coopératif.

Catégorie	Intervenant	Observation
Principaux défis et obstacles	Les PE	Liés à la discipline
	Les PN	Liés aux moyens institutionnels
Avantages de l'utilisation des NTE	Les PE/PN	Favorisent l'apprentissage

Tableau 3 : Observation en lien avec les catégories 3 et 4

Nous constatons (Tableau 4) une utilisation active des NTE notamment les logiciels de modélisation moléculaire. Cependant, les 8 enseignants expriment un besoin accru de « *dispositifs de modélisation tridimensionnelle* » (PE et PN) et d'unités de calcul pour la modélisation, reflétant ainsi leur intérêt pour des fonctionnalités plus avancées. Bien que certains enseignants se montrent ouverts à la participation à des projets de recherche, d'autres semblent moins enclins à s'engager dans de telles initiatives. Ces résultats soulignent la diversité des attitudes à l'égard de l'innovation technologique.

Catégorie	Intervenant	Observation
Utilisation actuelle des outils technologiques	Les PE/PN	Oui
Types de dispositifs ou de fonctionnalités technologiques souhaités	Les PE/PN	Dispositifs modernes
Participation à des projets de recherche ou d'expérimentation	Les PN	Prêts à participer
	Les PE	Peut-être

Tableau 4 : Observation en lien avec les catégories 5, 6 et 7

D'après le tableau 5 les compétences techno-pédagogiques nécessaires pour intégrer les NTE sont limitées chez les 8 enseignants. Ils soulignent la nécessité de maîtriser des compétences spécifiques telles que la modélisation, le traitement d'images et de vidéos, ainsi que la familiarité avec les logiciels de base en chimie organique. En outre, il faut que « *le savoir soit clair dans la tête de l'enseignant* » (PE1) pour transmettre « *un savoir clair* » (PN3) « *simple et efficace* » (PN1) aux étudiants.

Les résultats mettent en évidence une volonté proactive en matière de formation, avec une recommandation d'intégrer les PN aux NTE et de promouvoir la formation continue pour les PE. L'adaptation des formations aux besoins de l'enseignement moderne qui fait référence aux approches pédagogiques contemporaines qui intègrent les dernières avancées en matière de technologie, de recherche en éducation et de théories de l'apprentissage est également soulignée. Bien que les enseignants soient peu informés sur les tendances émergentes, leur désir de créer des plates-formes et de connecter les universités montre un désir d'explorer les NTE, et leur engagement envers l'évolution du paysage éducatif.

Catégorie	Intervenant	Observation
Compétences techno-pédagogiques spécifiques	Les PE/PN	Compétences limitées
Formation et soutien pour utiliser les NTE	Les PE/PN	formations spécifiques
Tendances émergentes en NTE pour la chimie organique	Les PE/PN	Vigilance limitée

Tableau 5 : Observation en lien avec les catégories 8, 9 et 10

Conclusion

Les résultats de l'analyse soulignent plusieurs aspects cruciaux. La diversité des expériences de formation met en évidence la révision du programme de formation afin de réduire l'écart entre les PN et PE. Les divergences dans les perspectives sur la formation en didactique soulignent la nécessité d'une approche flexible pour répondre aux besoins variés des enseignants.

Les défis identifiés, notamment la complexité de la discipline à enseigner et les contraintes pratiques, mettent en évidence l'importance de solutions différenciées. Les avantages perçus des NTE offrent des opportunités d'amélioration de l'apprentissage. Toutefois, la réticence des PE à participer à des projets de recherche suggère un besoin de sensibilisation et de renforcement des compétences techno-pédagogiques.

La méthode de collecte de données employée n'a pas pleinement satisfait nos attentes en termes de profondeur des données recueillies. Cela soulève la nécessité de compléter par des entretiens semi-directifs et d'élargir l'échantillon afin d'enrichir les données et affiner les résultats.

Références bibliographiques

- Agerbi, S. (2004). *De la représentation symbolique au langage lors de l'apprentissage des mécanismes en chimie organique dans l'enseignement supérieur*. [Thèse de Doctorat, Université de Tunis et l'université lumière Lyon 2].
- Agrebi, S., & Le Maréchal, J.-F. (2001). Used of curved arrows to represent organic reaction mechanisms: a let without saying fundamental knowledge. Paper presented at ESERA, Thessaloniki, Greece.
- Bernet, E., & Karsenti, T. (2013). Modes d'intégration et usages des TIC au troisième cycle du primaire : une étude multicas. *Éducation et francophonie*, 41(1), 45–69. <https://doi.org/10.7202/1015059ar>
- Bradley, A. Z., Ulrich, S. M., Jones Jr., M., & Jones, S. M. (2002). Teaching the sophomore organic course without a lecture. Are you crazy? *Journal of Chemical Education*, 79(4), 514-519.
- Céci, J-F. (2018). Les technologies peuvent-elles modifier la forme universitaire? Certainement! *Distances et médiations des savoirs*. En ligne : <http://journals.openedition.org/dms/2356>
- Crucho, C. I. C.; Avó, J.; Diniz, A. M.; Gomes, M. J. S. (2020). Challenges in Teaching Organic Chemistry Remotely. *Journal of Chemical Education*. , 97 (9), 3211–3216, DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00693
- Dorian A. Canelas, J. Hill, A. Novicki. (2017). Cooperative learning in organic chemistry increases student assessment of learning gains in key transferable skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 441-456. DOI <https://doi.org/10.1039/C7RP00014F>
- Green, G., & Rollnick, M. (2006). The role of structure of the discipline in improving student understanding: the case of organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83(9), 1376-1381.
- Harabi, M., & Kilani, C.B. (2019). Analyse de la pratique enseignante universitaire : cas de la chimie organique. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 295-307. ISSN: 2241-9152. DOI: <https://doi.org/10.26220/une.2991>
- Harabi, M., & Kilani, C.B. (2021). Analyse de la pratique enseignante universitaire : Etude de la dynamique d'une séance de chimie organique. *Pour une reconstruction de la forme scolaire*. Actes de 2ème congrès international TACD 2021, Volume 3, (pp. 137-147). Edition : Marie-José Gremmo, LISEC Lorraine https://tacd-2021.sciencesconf.org/data/pages/TACD_2021_Actes_volume_3_final.pdf
- Harabi, M., & Kilani, C.B. (2023). *Favoriser la coopération dans l'enseignement-apprentissage de la chimie organique à l'université par la technologie: quel dispositif?*. Actes de 3ème congrès international TACD 2023, Volume 3 (pp. 90-108). Edition : Francine Athias Brest, France. https://tacd-2023.sciencesconf.org/data/pages/TACD_2023_Actes_Volume_3_vf4.pdf
- Karsenti, T., Collin, S. et & Dumouchel, G. (2012). L'usage intensif des technologies en

classe favorise-t-il la réussite scolaire ? Le cas d'un regroupement d'écoles du Québec (Canada) où chaque élève a son ordinateur portable. Dans S. Boéchat-Heer et B. Wentzel (dir.), *Génération connectée : quels enjeux pour l'école ?* (p. 71-89). Haute École Pédagogique-BEJUNE. <https://www.hep-bejune.ch/fr/Espace-ressources/editions-HEP-BEJUNE/Collection-Recherches/Publications/Generation-connectee--quels- enjeux-pour-l-ecole.html>

L'Écuyer, R. (1990). *Méthodologie de l'analyse développementale de contenu méthode GPS et concept de soi*. Québec, Canada : Presses de l'Université du Québec.

Lafarge, D. (2010). *Analyse didactique de l'enseignement-apprentissage de la chimie organique jusqu'à bac + 2 pour envisager sa restructuration* [Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal]. Retrieved from <http://tel.archivesouvertes.fr/tel-00578419/fr>

Lefrançois, R. (1991). *Dictionnaire de la recherche scientifique*. Éditions Némésis.

Paillé, P., & Mucchielli, A. (2012). Chapitre 1 - Choisir une approche d'analyse qualitative. Dans : P. Paillé & A. Mucchielli (Dir), *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales* (pp.13-32).Paris:Armand Colin.

Romero, R. M., Vidal Espinosa, L. O., & Hernandez, D. R. (2019). Organic chemistry basic concepts teaching in students of large groups at higher education and Web 2.0 tools. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 19(1), 1-31.

Stowe, R. L., Esselman, B. J., Ralph, V. R., Ellison, A. J., Martell, J. D., DeGlopper, K. S.& Schwarz, C. E. (2020). Impact of maintaining assessment emphasis on three-dimensional learning as organic chemistry moved online. *Journal of Chemical Education*, 97(9), 2408–2420. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00757>

Tabachnick B., & Zeichner K. (1984). The impact of the student teaching on the development of teacher perspectives. *Journal of Teacher Education*, vol. 35, n° 6, p. 28-36.

Wahla, L., & Peters, M. (2011). Les technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement supérieur tunisien: les compétences technopédagogiques des enseignants et les obstacles à l'intégration des TIC. *Epinet*, 136. <https://epi.asso.fr/revue/articles/a1106f.htm>

Annexes

Annexe 1

Questionnaire : Intégrer les technologies dans les pratiques des enseignants universitaires de la chimie organique

1- Nom, prénom et Établissement de rattachement

.....

2- Nombre d'année d'expérience

.....

3- Avez-vous reçu une formation ou bien accompagnement pédagogique au début ou bien au cours de votre carrière en tant qu'enseignant universitaire?

.....

4- La formation en didactique de la discipline et en pédagogie universitaire forme-t-elle une nécessité pour l'enseignant universitaire ? Si oui, dans quelle phase : avant le recrutement, après le recrutement ou bien durant l'exécution de son métier?

.....

.....

- 5- A partir de votre expérience quels sont les principaux défis ou obstacles auxquels vous êtes confronté(e) lors de l'apprentissage de la chimie organique ?

- 6- Selon vous quels sont les avantages que vous voyez dans l'utilisation des outils technologiques pour l'enseignement l'apprentissage de la chimie organique à l'université?

- 7- Utilisez-vous actuellement des outils technologiques pour apprendre la chimie organique
 OUI NON
- 8- Si oui, quels sont les outils technologiques que vous utilisez régulièrement ? (Cochez toutes les réponses qui s'appliquent)
 Applications mobiles
 Logiciels de modélisation moléculaire
 Plates-formes d'apprentissage en ligne
 Vidéos en ligne et tutoriels
 Autres
- 9- Quels types de dispositifs ou de fonctionnalités technologiques souhaiteriez-vous voir développés pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage de la chimie organique l'université ?

- 10- Seriez-vous prêt(e) à participer à des projets de recherche ou à des expérimentations pour évaluer l'efficacité de nouvelles technologies dans l'enseignement de la chimie organique?
 Oui, certainement
 Peut-être
 Non, pas du tout
- 11- Quelles compétences pédagogiques spécifiques sont nécessaires pour enseigner la chimie organique à l'université en utilisant les TICE ?

- 12- Comment former et soutenir les enseignants universitaires dans l'utilisation des Nouvelles Technologies Educatives (NTE) pour l'enseignement de la chimie organique ?

- 13- Quelles sont les tendances émergentes en matière d'utilisation des NTE dans l'enseignement de la chimie organique à l'université ?

Influence de l'utilisation de la réalité augmentée lors des expériences chimiques sur la connexion des niveaux de représentation dans les explications des élèves

Hendrik Peeters¹, Sebastian Habig², Sabine Fechner¹

1 : Université de Paderborn

2 : Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Résumé

En chimie, l'interprétation des observations est souvent compliquée par l'invisibilité des entités responsables des processus à l'œil nu. Donc, l'utilisation de modèles devient impérative pour établir un lien entre le niveau macroscopique et le niveau submicroscopique. La réalité augmentée (RA) se profile comme une solution prometteuse permettant d'intégrer des modèles virtuels pendant l'expérimentation, offrant ainsi une amélioration possible de la contiguïté spatiale et temporelle. Dans le cadre d'une étude empirique avec trois groupes de comparaison, l'influence de la RA utilisée pour la représentation combinée du niveau macroscopique et du niveau submicroscopique modélisé lors de l'expérimentation sur la capacité des lycéens à relier les niveaux a donc été examinée. Dans cette communication, les résultats de l'analyse des données de processus sous la forme d'explications d'élèves sont présentés et discutés.

Mots-Clés : Réalité augmentée ; Explication ; Modèles ; Niveaux de représentation

Influence de l'utilisation de la réalité augmentée lors des expériences chimiques sur la connexion des niveaux de représentation dans les explications des élèves

Introduction

L'explication des phénomènes naturels est considérée comme l'une des pratiques scientifiques les plus importantes (Braaten & Windschitl, 2011 ; Manz et al., 2020 ; Wagner & Priemer, 2023). Suivant de Andrade et al. (2019), une explication de haute qualité répond aux critères ci-après : (1) Pertinence par rapport au phénomène, (2) Élaboration d'un cadre conceptuel, (3) Présentation des relations causales et (4) Connexion entre les différents niveaux de représentation. En particulier, le dernier critère pose un défi aux apprenants en chimie. Selon le triangle chimique de Johnstone (1993), les substances et réactions chimiques sont visibles au niveau macroscopique à travers les yeux ou les instruments de mesure, mais les atomes ou les molécules en tant qu'entités responsables au niveau submicroscopique demeurent invisibles. Le niveau symbolique abstrait les deux autres niveaux par des symboles ou des équations. Entre ces trois niveaux, les modèles servent de médiateurs (Gilbert, 2004). Suivant Giere (2010), les modèles sont utilisés par un agent comme une représentation de la réalité pour remplir un but, par exemple, pour fournir une explication. Il en résulte que la construction et l'utilisation adéquate des modèles sont essentielles pour générer des explications (Oliveira et al., 2015). Toutefois, des recherches antérieures ont révélé que beaucoup d'élèves rencontrent souvent des difficultés à combiner les différents niveaux de représentation pour proposer des explications complexes (Davidowitz & Chittleborough, 2009 ; de Andrade et al., 2019). Une des raisons des difficultés rencontrées par les élèves pourrait résider dans la séparation traditionnelle entre la phase d'observation du niveau macroscopique pendant l'expérimentation et la phase d'interprétation au niveau submicroscopique avec un décalage temporel. Les connaissances provenant de la psychologie cognitive suggèrent que les informations associées devraient être présentées dans le même espace et dans le même temps, afin de favoriser un traitement plus efficace et intégré (Mayer & Fiorella, 2014 ; Sweller et al., 2011). La technologie réalité augmentée (RA) permet de visualiser simultanément des objets virtuels ainsi que réels (Azuma, 1997). Cela offre la possibilité d'élever la contiguïté spatio-temporelle pendant une expérimentation en présentant les différents niveaux de représentation en même temps et dans le même espace. Les premières découvertes concernant l'utilisation de la RA lors des expérimentations chimiques montrent des résultats ambivalents en ce qui concerne l'apprentissage et la charge cognitive. Alors que Syskowski et Huwer (2023) ont identifié des effets positifs de la RA sur l'apprentissage lors des observations simples, Peeters et al. (2023) contredisent ces résultats en ce qui concerne l'apprentissage et la charge cognitive lors de situations d'expérimentation plus complexes. Pour conclure, les études réalisées jusqu'à présent livrent des résultats mitigés. Par ailleurs, aucune des études connues n'a encore investigué les effets de l'utilisation de la RA sur la capacité des élèves à établir des liens entre les différents niveaux de représentation lors de leurs explications. C'est pourquoi le projet présent s'adresse à cette lacune en se posant la question de recherche suivante :

Comment l'utilisation de la RA lors d'expériences pratiques de chimie influence-t-elle la

qualité des explications fournies par les élèves concernant les phénomènes observés ?

Conception et méthodes de recherche

Les données analysées proviennent de l'étude réalisée par Peeters et al. (2023). Cette étude pré-post-test (Figure 1) a été conduite auprès d'élèves de lycées allemands, répartis en trois groupes. Chaque groupe s'est vu attribuer un mode de visualisation technologique spécifique grâce à des iPads fournis. Les élèves de l'étude ont été répartis dans l'un des trois groupes en fonction de leurs résultats au pré-

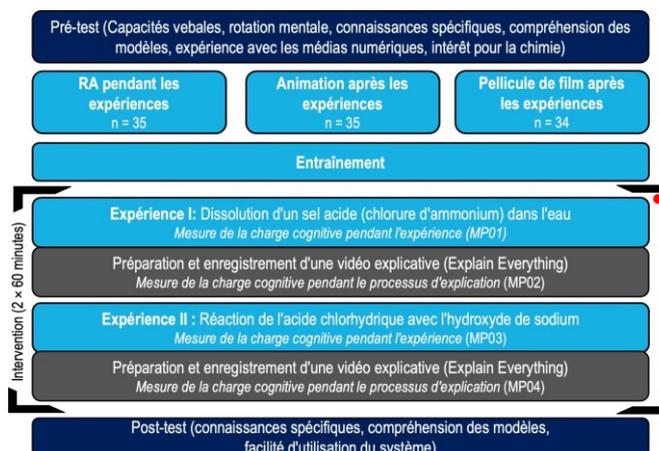


Figure 1 : Conception de l'étude

test. Les élèves ont travaillé en binôme afin de réaliser et d'expliquer deux

expériences. Le groupe de RA a utilisé une application de réalité augmentée lors de la réalisation des expériences, ce qui leur a potentiellement permis de bénéficier de modèles dynamiques au niveau submicroscopique, ainsi que d'une plus grande contiguïté spatiale et temporelle entre les niveaux macroscopique et submicroscopique. Les groupes d'animation et de pellicule de film ont réalisé les expériences sans avoir accès à un soutien numérique, mais ont par la suite reçu une visualisation dynamique ou statique pour expliquer le phénomène, tout en présentant une rupture de continuité entre les informations macroscopiques et submicroscopiques (Figure 2).

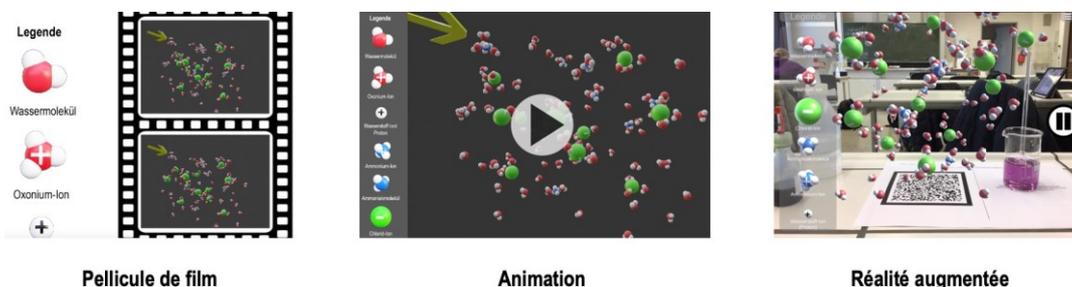


Figure 2 : Comparaison du matériel d'apprentissage des trois groupes

Au début de l'intervention, l'ensemble des élèves a participé à une phase d'entraînement en deux étapes. Dans un premier temps, tous les élèves ont été familiarisés avec l'application *Explain Everything*, qu'ils ont ensuite utilisée pour préparer et enregistrer des vidéos explicatives concernant les deux expériences. Puis, chaque groupe d'intervention a reçu une formation spécialisée en fonction de son mode de visualisation spécifique. Au cours de l'intervention ultérieure, les lycéens ont mené à bien deux expériences dans le domaine des acides et des bases. À la suite de chaque expérience, tous les élèves ont utilisé *Explain Everything* pour préparer et enregistrer une explication de l'expérience à l'aide de la technique de screencasting.

L'étude a compris six classes de chimie de lycée de quatre écoles allemandes. L'autorisation parentale a été obtenue avant la collecte de données d'août à octobre 2022. Initialement, 126 lycéens ont participé, dont 104 ont été inclus dans l'analyse. L'âge moyen est de 15,96 ans ($SD = 0,56$), avec une répartition de 46,2 % de filles, 51,9 % de garçons, et 1,9 % d'identités diverses. Sur 116 screencasts enregistrés, 73 ont été analysés (Tableau 1); les exclusions sont liées à des données incomplètes (audio manquant), des erreurs techniques (arrêt de l'enregistrement), des vidéos manquantes ou des compositions de groupe incohérentes. Les énoncés verbaux des étudiants ont été transcrits et codés dans le logiciel MAXQDA 2022. Les éléments visualisés et explicitement abordés par les élèves ont également été notés entre crochets.

Expérience	Pellicule de film	Animation	RA	Total par expérience
Expérience I	13	13	11	37
Expérience II	12	13	11	36
Total par groupe	25	26	22	73

Tableau 1 : Distribution des vidéos incluses dans l'analyse

Afin d'analyser les niveaux de représentation, un système de catégories basé sur le modèle du triangle chimique de Johnstone (1993) et sur la base de Keiner et Graulich (2020) a permis d'identifier les niveaux de représentation (Figure 3). Ce système de catégorisation a été adapté de manière inductive. En fonction de la qualité, les explications verbales ont été classées en six catégories selon de Andrade et al. (2019), de non-explication (qualité médiocre) à une explication complexe (qualité élevée) (Figure 3). Le système a été testé dans le cadre d'une thèse de master, avec une fiabilité intercodeurs de $\kappa = 0,75$, considérée comme satisfaisante.

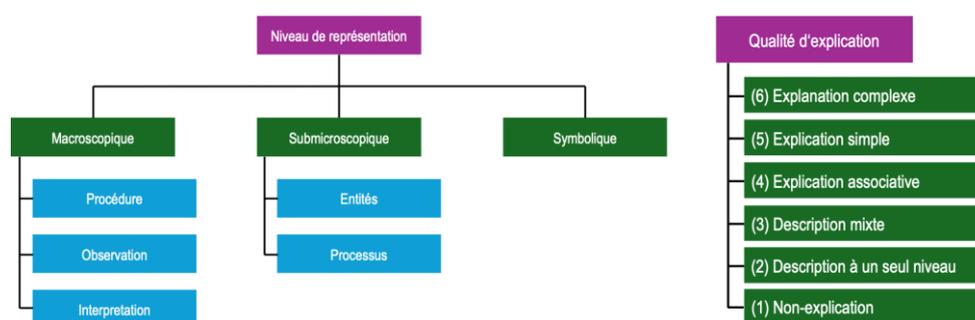


Figure 3 : Extrait du système de catégories

Résultats

L'analyse des données qualitatives vise à révéler les liens entre les niveaux de représentation au sein des explications produites par les apprenants. En ce qui concerne le niveau des explications dans celles générées par les élèves, la figure 4 offre une synthèse des classifications pour chaque groupe d'intervention.

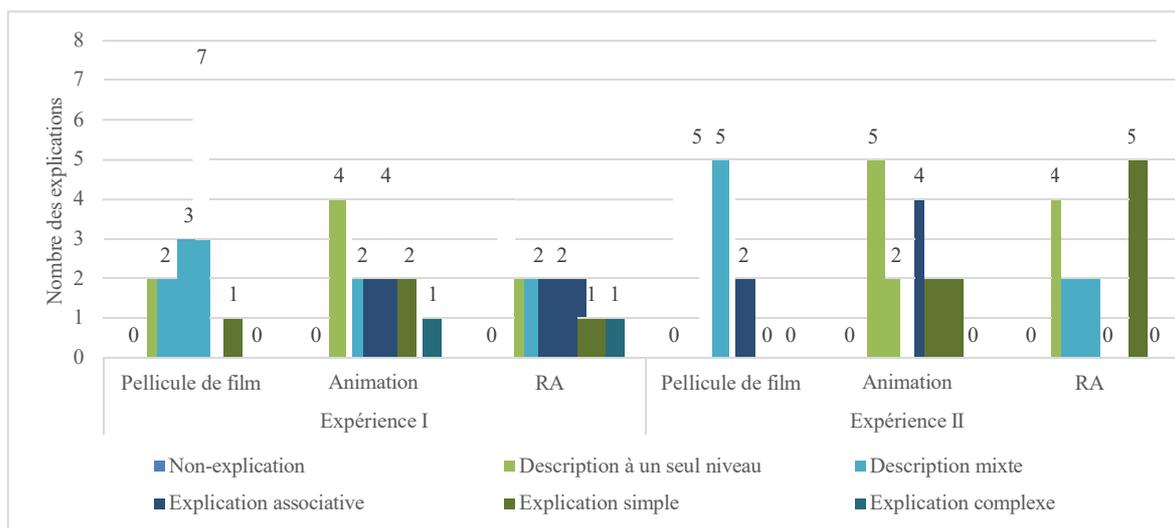


Figure 4 : Niveaux d'explication pour chaque expérience et chaque groupe

Lors de la première expérience, la plupart des explications du groupe pellicule de film et environ un tiers de toutes les explications peuvent être catégorisées comme des explications associatives. Ce type se caractérise par des conclusions logiques raccourcies reliant les niveaux macroscopique et submicroscopique à la base de l'interprétation personnelle des élèves des visualisations fournies : « [...] Et pour l'explication : lorsque le chlorure d'ammonium est ajouté, les molécules d'eau se lient à celui-ci et modifient ainsi la couleur de l'indicateur » (Film_E1_EV11 (GH_GK1_NC1011_LI4329), Pos. 2, traduit par les auteurs). L'explication des élèves du groupe de pellicule de film contient tout d'abord une tentative d'établir une relation entre le niveau macroscopique et submicroscopique. Du point de vue des élèves, les molécules d'eau se lient avec les ions du chlorure d'ammonium, ce qui devrait provoquer une modification de la couleur de l'indicateur au niveau visible. Le transfert de protons de l'ion ammonium à une molécule d'eau et la formation d'un ion oxonium qui en résulte ne sont pas abordés. Il s'agit donc d'une conclusion logique raccourcie, déduite par les élèves à partir du matériel pédagogique. Par rapport aux deux autres groupes d'intervention, qui ont eu tendance à produire des explications de moindre qualité, le groupe d'animation a démontré une aptitude supérieure à générer des explications de meilleure qualité, qu'elles soient simples ou complexes :

S1 : [...] Lorsque le chlorure d'ammonium a été ajouté, les différentes parties, c'est-à-dire l'ion ammonium et l'ion chlorure, ont été séparées par les molécules d'eau. [...] S2 : Exactement - et en fait, on pourrait encore représenter comme les atomes H, les petits atomes blancs dans la représentation ici, passent de cette molécule ici, de la molécule d'ammonium, sur les molécules d'eau. [...] Exactement, et c'est alors l'étape où cette solution prend une légère couleur violette, parce qu'il se forme alors une solution acide. Et ces ions oxonium sont justement responsables de la transformation d'une solution en une solution acide

(Ani_E1_EV04 (PG_GK2_EN0303_MC3227), Pos. 1-2, traduit par les auteurs).

L'extrait de cette explication illustre un lien logique et réussi entre le niveau macroscopique et le niveau submicroscopique. Ainsi, tant le processus de dissolution au niveau submicroscopique que le transfert de protons sont correctement expliqués. En outre, les élèves se rendent compte que le changement de la couleur de l'indicateur de pH est dû à l'augmentation du nombre d'ions oxonium dans la solution, qui peut donc être déclarée acide. En raison de l'argumentation linéaire causale des élèves, il s'agit d'une explication simple tandis qu'une explication complexe aurait combiné plusieurs causes.

Pour la deuxième expérience, une distinction est apparue entre les groupes. Alors que le groupe AR a pu produire un nombre relativement important d'explications simples reliant les niveaux macroscopique et submicroscopique, on trouve dans le groupe Animation et dans le groupe Films de nombreuses descriptions à un seul niveau de représentation (macroscopique ou submicroscopique) :

S2 : Nous avons donc une fois un indicateur, l'indicateur universel. Ensuite, il y a l'acide chlorhydrique, la soude caustique et un tube à essai. Dans le tube à essai, on ajoute une fois l'acide chlorhydrique 3 mL avec 4 à 5 gouttes d'indicateur. On a alors constaté que le liquide était devenu rouge. Ensuite, nous avons ajouté 3 mL d'hydroxyde de sodium à l'acide chlorhydrique avec l'indicateur et nous avons constaté que le liquide était devenu bleu-gris. (Film_E2_EV09 (MG_GK1_MI0520_JO0302), Pos. 2, traduit par les auteurs)

Dans cet énoncé, les élèves décrivent uniquement ce qu'ils ont fait et ce qu'ils ont pu observer visuellement. Étant donné qu'aucun lien n'a été établi avec le niveau submicroscopique et qu'aucune relation de cause à effet n'a donc été élucidée, il s'agit d'une description au seul niveau macroscopique.

Discussion et conclusion

Pour conclure, les données montrent que, dans l'ensemble des groupes d'intervention, peu d'élèves sont capables de générer au moins des explications simples structurées et logiques, établissant des liens entre les niveaux macroscopique et submicroscopique à l'aide des visualisations fournies. Cela correspond également aux conclusions de Andrade et al. (2019) qui ont également obtenu principalement des explications de niveau inférieur. Cependant, il convient de noter que, dans leur étude, des élèves plus jeunes ont été interviewées et elles n'ont pas reçu d'autres aides visuelles. Pour cette raison, il est raisonnable de supposer que les élèves de l'étude n'ont pu extraire que partiellement les informations essentielles de leur environnement d'apprentissage. Cela peut s'expliquer d'une part par la complexité de l'environnement d'apprentissage et d'autre part par un manque de connaissances préalables. Un autre biais potentiel pourrait être la familiarité et le confort des lycéens avec les différents modes de visualisation, ce qui aurait pu affecter leur engagement et leurs résultats d'apprentissage. Par conséquent, une formation plus intensive serait nécessaire pour préparer les élèves à extraire des informations des visualisations fournies.

Cependant, pour la deuxième expérience, plus complexe, il semble également que le groupe de réalité augmentée (RA) ait pu tirer davantage parti de son environnement d'apprentissage en termes d'explications verbales par rapport aux deux autres groupes d'intervention. Il est possible que l'augmentation de la contiguïté spatio-temporelle de l'information ait eu un impact sur certains participants.

Les raisons possibles du manque d'apprentissage concernant le groupe de réalité augmentée tel qu'indiqué dans le travail de Peeters et al. (2023) seront identifiées en fusionnant les données qualitatives entre elles et les instruments d'enquête tels que les connaissances préalables et la charge cognitive. Cette fusion sera achevée avant le début de la conférence.

Bibliographie

- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Braaten, M. & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639–669. <https://doi.org/10.1002/sce.20449>
- Davidowitz, B. & Chittleborough, G. D. (2009). Linking the macroscopic and sub-microscopic Levels: Diagrams. Dans J. K. Gilbert et D. F. Treagust (dir.), *Models and Modeling in Science Education. Multiple representations in chemical education* (Vol. 4, p. 169–191). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_9
- de Andrade, V., Freire, S. & Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: A system of analysis for students' explanations. *Research in Science Education*, 49(3), 787–807. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9648-9>
- Giere, R. N. (2010). An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 172(2), 269–281. <https://doi.org/10.1007/s11229-009-9506-z>
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling : Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching : A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Keiner, L. & Graulich, N. (2020). Transitions between representational levels: Characterization of organic chemistry students' mechanistic features when reasoning about laboratory work-up procedures. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 469–482. <https://doi.org/10.1039/C9RP00241C>
- Manz, E., Lehrer, R. & Schauble, L. (2020). Rethinking the classroom science investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(7), 1148–1174. <https://doi.org/10.1002/tea.21625>
- Mayer, R. E. & Fiorella, L. (2014). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning : Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principle. Dans R. E. Mayer (dir.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (2^e éd., p. 279–315). Cambridge University Press.
- Oliveira, D. K. B. S., Justi, R. S. & Mendonça, P. C. C. (2015). The use of representations and argumentative and explanatory situations. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1402–1435. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1039095>
- Peeters, H., Habig, S. & Fechner, S. (2023). Does Augmented Reality help to understand

chemical phenomena during hands-on experiments? – Implications for cognitive load and learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(2), 9. <https://doi.org/10.3390/mti7020009>

Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory* (1re éd.). Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies : Vol. 1. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>

Syskowski, S. & Huwer, J. (2023). A combination of real-world experiments and augmented reality when learning about the states of wax — An eye-tracking study. *Education Sciences*, 13(2), 177. <https://doi.org/10.3390/educsci13020177>

Wagner, S. & Priemer, B. (2023). Assessing the quality of scientific explanations with networks. *International Journal of Science Education*, 45(8), 636–660. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2172326>

Concevoir une BD sur le climat pour la classe. Co-construction et expérimentation d'un épisode de la série de BD numérique « Les Grandiloquents » sur l'origine du changement climatique

Valentin Maron¹, Laurence Bordenave², Barbara Govin², Simon Klein³, Víctor López Simó⁴,
Paulo Maurício⁵

1 : Education, Formation, Travail, Savoirs, École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement
Agricole de Toulouse-Auzeville, Université Toulouse Jean Jaurès

2 : Association Stimuli

3 : Office for Climate Education, Fondation La Main à la Pâte

4 : Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals Universitat Autònoma de
Barcelona

5 : Escola Superior de Educação de Lisboa Instituto Politécnico de Lisboa

Résumé

Ce travail est issu d'une collaboration entre chercheurs en didactique et auteurs de BD de l'association Stimuli, porteuse du projet de série de BD numérique nommée « les Grandiloquents » dont chaque épisode vise à introduire une thématique scientifique. Pensé pour une utilisation en classe par des enseignants du secondaire, chacun des épisodes est conçu avec un ensemble de ressources complémentaires et suggestions pour construire une séquence d'enseignement complète sur le sujet abordé. Cette communication porte sur la conception d'une BD sur le climat, et plus précisément sur la mise en évidence de l'influence du CO₂ sur le réchauffement global. Elle vise à répondre à la question de recherche suivante : comment transposer une trame conceptuelle sur le rôle du CO₂ dans le cadre d'un épisode de série de BD numérique et de ressources pédagogiques associées, en tirant parti des spécificités du média ? L'articulation entre les choix didactiques, narratifs et graphiques est présentée.

Mots-Clés : Ingénierie didactique ; Bande dessinée ; Didactique de la physique ; Effet de serre ; CO₂

Concevoir une BD sur le climat pour la classe

Processus et résultats de la co-construction d'un épisode de la série de BD numérique « Les Grandiloquents » sur l'origine du changement climatique

Introduction

Ce travail fait partie d'une recherche plus large ayant pour intention générale le développement et l'étude de ressources pédagogiques sur le thème du changement climatique au niveau secondaire. Nous présentons ici les fruits d'un travail collaboratif entre chercheurs en didactique et auteurs de BD de l'association Stimuli, porteuse du projet de série de BD numérique nommée « les Grandiloquents » dont chaque épisode vise à introduire une thématique de SVT ou physique-chimie, en s'inspirant notamment de l'histoire des sciences. Pensé pour une utilisation en classe par des enseignants du secondaire, chacun des épisodes est conçu avec un ensemble de ressources complémentaires et suggestions pour construire une séquence d'enseignement complète sur le sujet abordé.

Cette communication porte sur la conception d'une BD sur le climat, et plus précisément sur la mise en évidence de l'influence du CO₂ sur le réchauffement global¹.

Si selon le 6^{ème} rapport du GIEC (Intergovernmental Panel On Climate Change, 2021) il est acquis que l'intégralité du changement climatique observé actuellement est dû aux activités humaines, cela ne fait pas encore consensus dans la population. En 2023, d'après une enquête EDF-IPSOS internationale², 27% des sondés considèrent encore que celui-ci est principalement d'origine naturelle. Cette proportion est de 25% pour la France³, et s'élevait à 32% pour la

¹ <https://www.grandiloquents.fr/fr/climat/>

² <https://www.edf.fr/groupe-edf/observatoire-international-climat-et-opinions-publiques/telechargements>

³ 28% selon l'enquête 2023 de l'ADEME : <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/6706-les-representations-sociales-du-changement-climatique-24eme-vague-du-barometre.html>

tranche d'âge 16-24 ans en 2022⁴. A cela s'ajoutent environ 10% des sondés niant l'existence même du réchauffement climatique. Ces proportions alarmantes, en hausse depuis quelques années, peuvent être rapprochées de l'augmentation de l'activité du climato-négationnisme sur les réseaux sociaux⁵. On peut s'attendre ainsi à une polarisation croissante des positions sur le climat, en particulier chez les jeunes, entre ceux – de plus ou plus nombreux aussi – angoissés par le changement climatique⁶ et s'engageant dans le « mouvement climat », et ceux exposés à la désinformation sur internet. L'entrée par le récit permet ainsi de mettre en scène plusieurs positionnements, et d'amener des éléments pour approfondir la question scientifique en jeu et travailler l'esprit critique.

La mise en scène de savoirs scientifiques dans un format BD a été déjà expérimenté de multiples façons (Bordenave, 2016) et analysé en contexte scolaire (Arguel et al., 2015; Hosler & Boomer, 2011). Une spécificité de ce travail se situe dans l'implication – en amont et au cours de la conception de la BD - d'une équipe de chercheurs en didactique de la discipline concernée. Cette collaboration s'est faite dans le cadre du projet Erasmus + ECOSCOMICS (European CO-construction of a Science web-COMICS)⁷. La co-écriture avec l'équipe artistique permet d'élaborer un récit au sein duquel les intentions didactiques contraignent ou se nourrissent du format bande dessinée.

Questions de recherche et méthodologie

L'épisode de BD faisant l'objet de cette communication s'appuie notamment sur une recherche en didactique de la physique du climat (Maron et al., 2024). S'inscrivant dans le cadre du « Model of Educational Reconstruction » (Kattmann et al., 1996), celle-ci s'appuie sur une analyse conjointe du contenu, des difficultés des élèves (Gautier et al., 2006; Shepardson et al., 2011; Handayani et al., 2021; Colin & Tran Tat, 2011) et des approches d'enseignement existantes (Besson et al., 2010; Dufresne & Treiner, 2011; Ravachol, 2023; Toffaletti et al., 2022). Elle propose un cheminement conceptuel pour relier émissions de CO₂ et élévation de la température moyenne de la Terre, en s'appuyant autant que possible sur des éléments empiriques explicites, et avec un minimum de prérequis conceptuels.

La structure de ce cheminement conceptuel a été discuté et retravaillé avec l'équipe européenne de chercheurs en didactique de la physique. Sur ces bases, la co-construction avec l'équipe artistique a démarré, visant à répondre à la question de recherche suivante : comment transposer une explication de l'influence du CO₂ sur le climat dans le cadre d'un épisode de série de BD numérique et de ressources pédagogiques associées ? En particulier vis-à-vis de la BD :

⁴ <https://www.jean-jaures.org/publication/climatoscepticisme-le-nouvel-horizon-du-populisme-francais/>

⁵ multiplication par 6 lors entre l'année 2021 et l'été 2022 (Chavalarias et al., 2023)).

⁶ 59% des jeunes interrogés se déclarent très inquiets ou extrêmement inquiets relativement au changement climatique (Hickman et al., 2021).

⁷ <https://www.grandiloquents.fr/fr/about>

comment tirer parti des spécificités de ce média dans l'articulation des choix didactiques, narratifs et graphiques, relativement aux objectifs :

- de poser le problème scientifique,
- d'exprimer les positionnements et conceptions fréquentes des élèves, afin qu'ils puissent s'identifier aux personnages,
- d'introduire les éléments clefs du cheminement pour répondre au problème, pensés en interaction avec des ressources complémentaires visant à les approfondir ?

Le travail s'est déroulé par discussions collectives ou retours écrits sur des propositions itératives de choix didactiques sur l'introduction des idées, de scénarios, puis de storyboards.

Résultats : choix didactiques, narratifs et graphiques principaux de l'épisode de BD

La narration de chaque épisode de la série est fondée sur la mise en scène de quatre adolescents membres d'un club de théâtre amenés à jouer des pièces en lien avec la thématique traitée, ici : le changement climatique. Pour cet épisode, les personnages se retrouvent sur le lieu d'une manifestation pour le climat, dans laquelle un des quatre du club est impliqué. Leurs avis divergent sur la question de l'origine du réchauffement. Une rencontre avec une physicienne présente sur la manifestation permet de répondre à certaines de leurs interrogations, et de les amener à réaliser des expériences de physique pour mettre en évidence le rôle du CO₂, expériences qu'ils mettront plus tard eux-mêmes en scène dans un spectacle de rue, au cœur d'une nouvelle manifestation pour le climat. Le choix de ce contexte a pour objectif de prendre en compte le caractère socialement vif de ce sujet et de permettre une identification avec une diversité de positionnements sur le sujet.

Représentation des différentes postures

Face à la représentation importante du climato scepticisme chez les jeunes (42% des 16-24 ans d'après l'enquête ObsCOP 2022⁸) nous avons choisi de faire porter par les 4 personnages les différents points de vue sur le changement climatique communément portés par le grand public (Figure 1) :

- Tom : a priori climatosceptique
- Iris : a priori convaincue par l'influence du CO₂
- Diane : indécise, cherchant à comprendre comment on peut savoir
- Titouan : convaincu et engagé (déjà présent dans une manifestation pour le climat)

⁸ <https://www.jean-jaures.org/publication/climatoscepticisme-le-nouvel-horizon-du-populisme-francais/>

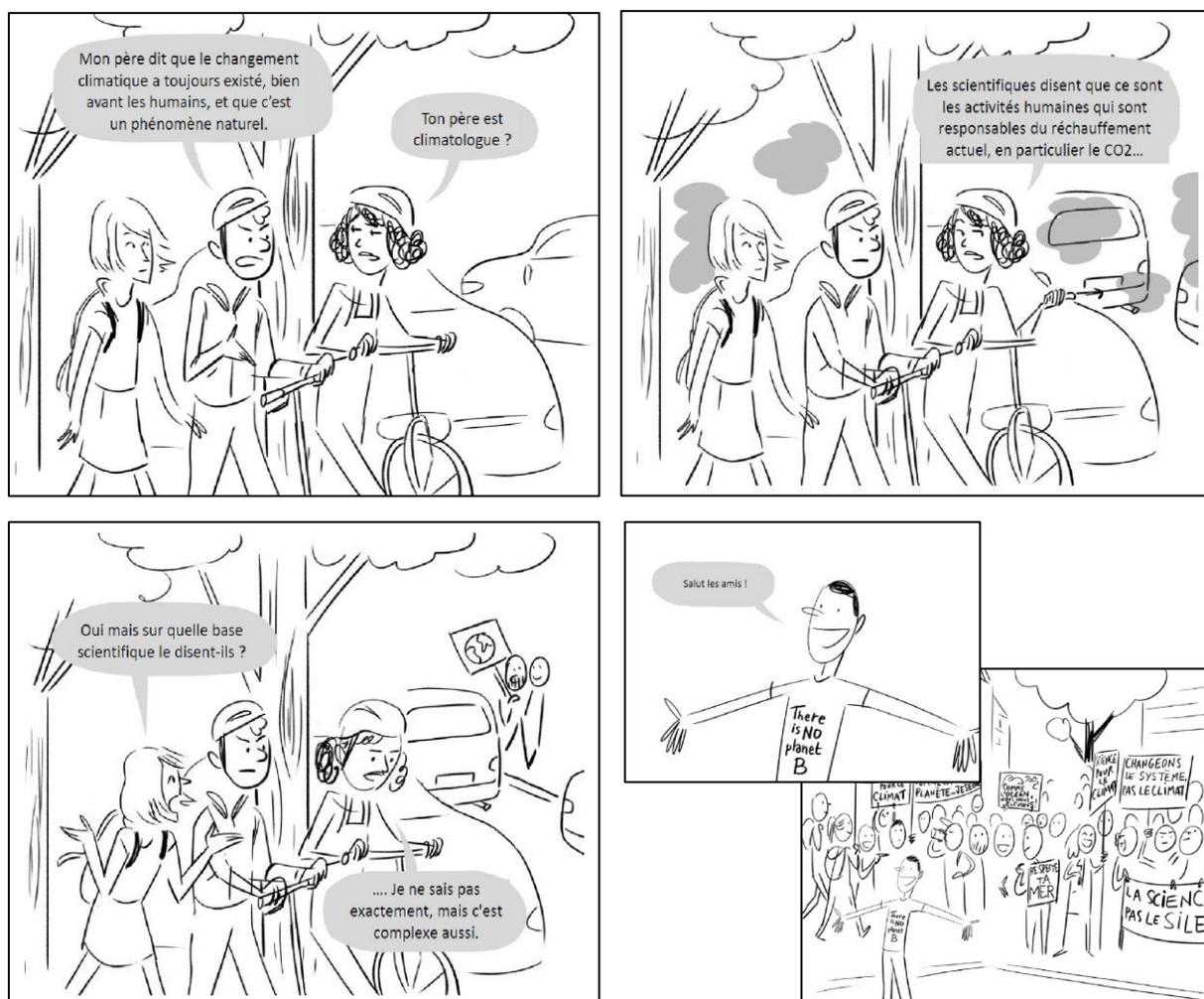


Figure 1 : Représentation des différentes postures

Discussion de la corrélation entre CO₂ et température

Une donnée souvent présentée vis-à-vis l'origine du changement climatique est la corrélation entre concentration en CO₂ et température. Ces grandeurs sont estimées sur plus de 400 000 ans à partir de l'analyse de carottes de glace en Antarctique. Cette corrélation a été parfois présentée à tort comme une preuve que le CO₂ est responsable de la variation de température (notamment dans le film « Une vérité qui dérange » de Al Gore, 2007), alors que dans ce cas, ce sont les variations de température qui initient les variations de CO₂ (même si celles-ci ont également une rétroaction sur la température). Cette erreur dans la vulgarisation scientifique a été sujette à des critiques en partie pertinentes de personnes climatosceptiques⁹, ce qui a participé à leur donner du crédit.

⁹ Voir cet extrait d'une conférence de Vincent Courtillot : https://youtu.be/9afTvlz_TsQ?t=1561 (à 26:00)

La mise en scène de cette corrélation et de sa difficulté d'interprétation va conduire à la position du problème scientifique par les personnages, qu'ils vont adresser à une scientifique présente sur la manifestation pour le climat (Figure 2).

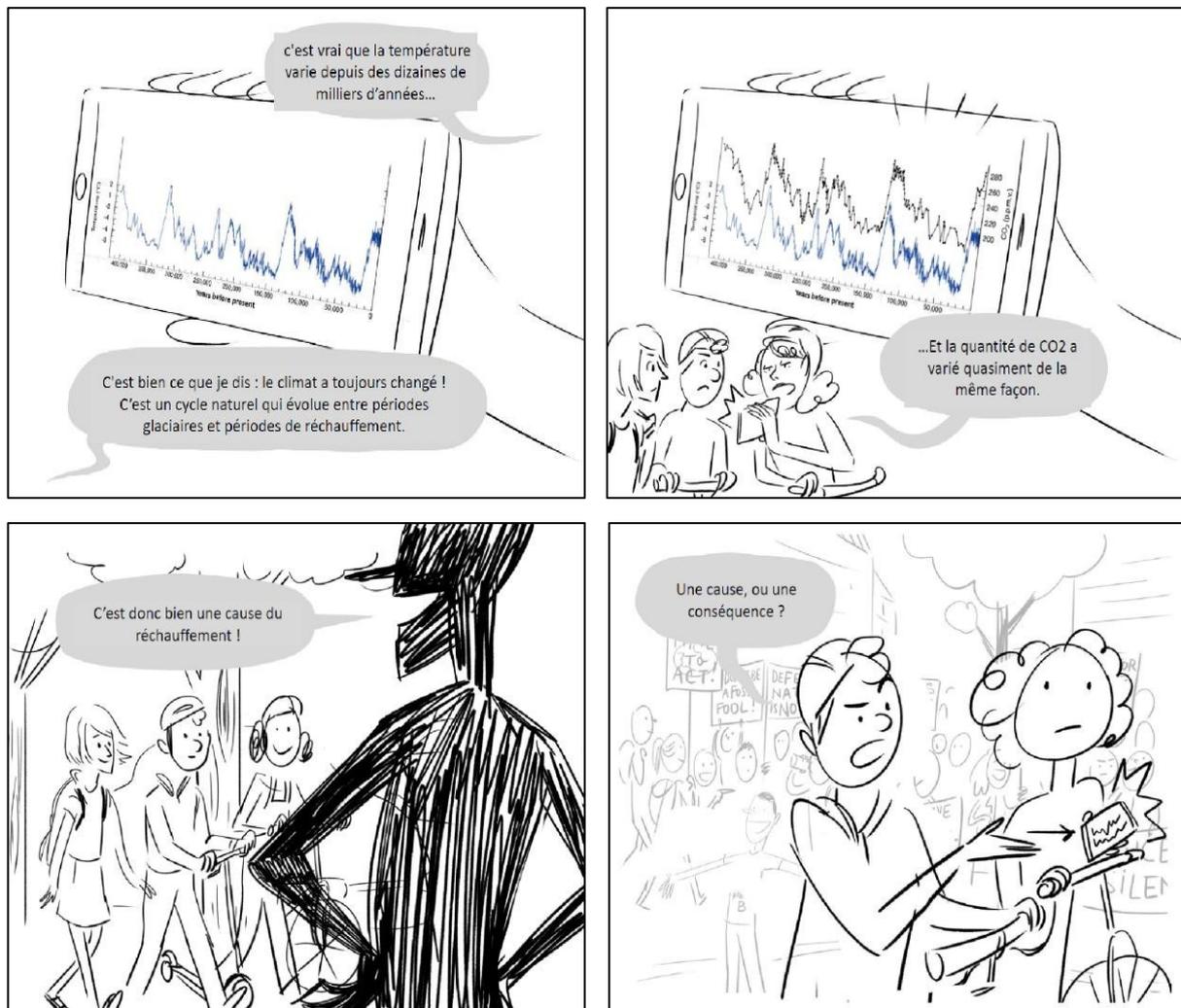


Figure 2 : Introduction de la corrélation CO₂ température

Celle-ci va alors apporter des premiers éléments de distinction conceptuelle entre corrélation et causalité, ainsi qu'entre météo et climat, suite à l'introduction d'une autre remise en cause climatosceptique classique (Figure 3). Malgré ces clarifications, la question du rôle du CO₂ reste ouverte à ce stade. Cette rencontre permet de poursuivre le cheminement vers la considération d'expériences sur le CO₂ en laboratoire.



Figure 3 : Rencontre avec la scientifique

Introduction au rayonnement infrarouge

La suite du récit se déroule dans le laboratoire de la scientifique rencontrée. L'objectif de cette partie est de rappeler des éléments de physique de base pour pouvoir interpréter correctement les images obtenues avec une caméra infrarouge (Figure 4). La tendance principale consiste en effet à considérer que la caméra permet de visualiser la température (Cochepin, 2022). Afin d'anticiper et d'insister sur ce point, il a été choisi de faire apparaître la réflexion infrarouge dans le but de mettre en évidence expérimentalement l'impossibilité de l'interprétation en température, et le point commun avec la réflexion de la lumière visible.

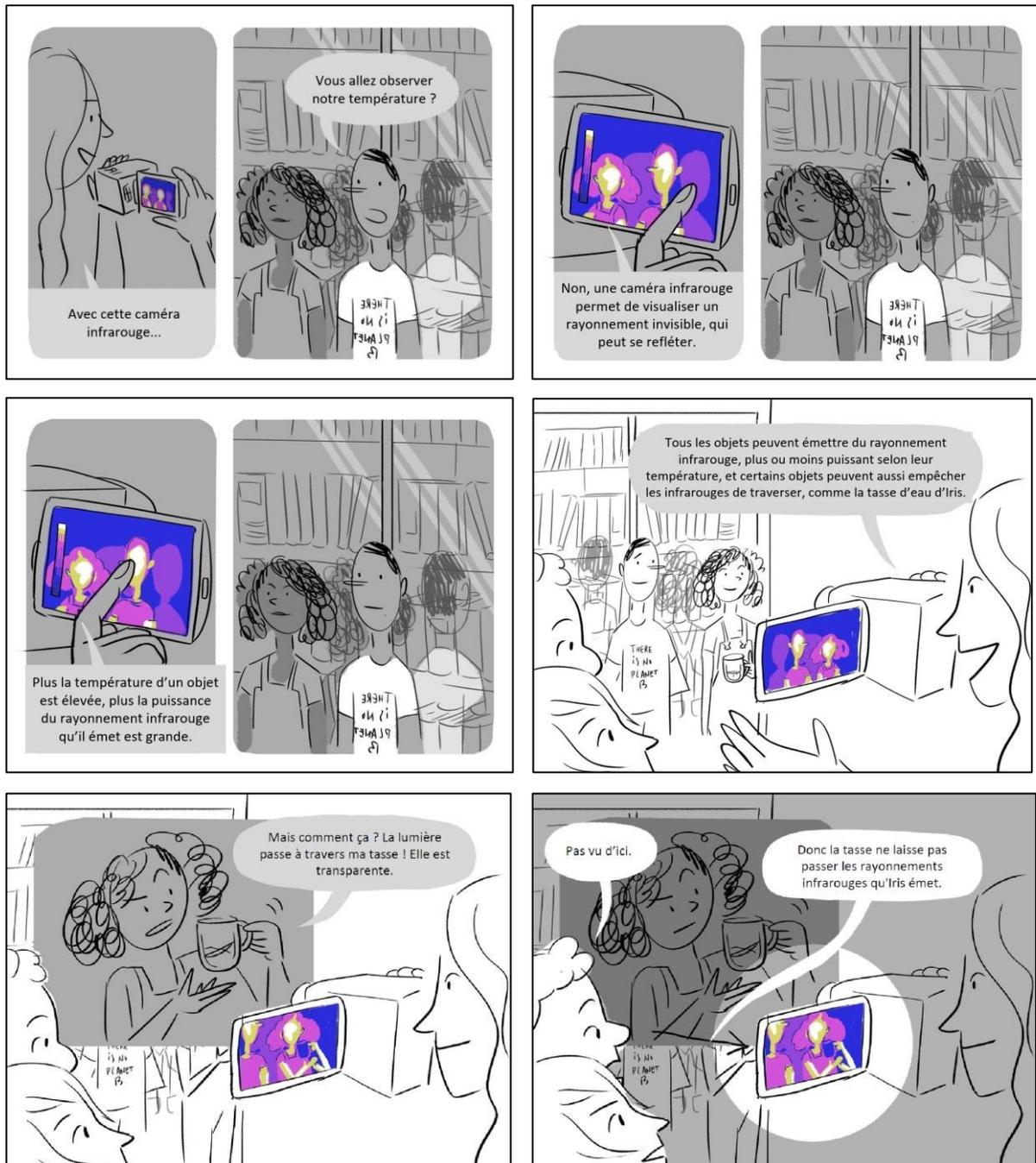


Figure 4 : Introduction du rayonnement infrarouge

Mettre en image ce phénomène physique à travers l'expérience co-ménée par les personnages eux-mêmes, (phénomène en général non connu des élèves du secondaire), a pour objectif de favoriser la projection des élèves-lecteurs dans la visualisation des réflexions infrarouge et de la lumière visible. Des exemples de photos de reflets infrarouge seront mis à disposition dans les ressources complémentaires de l'épisode afin de pouvoir les intégrer dans une séquence d'enseignement complète (comme celle de la figure 5).

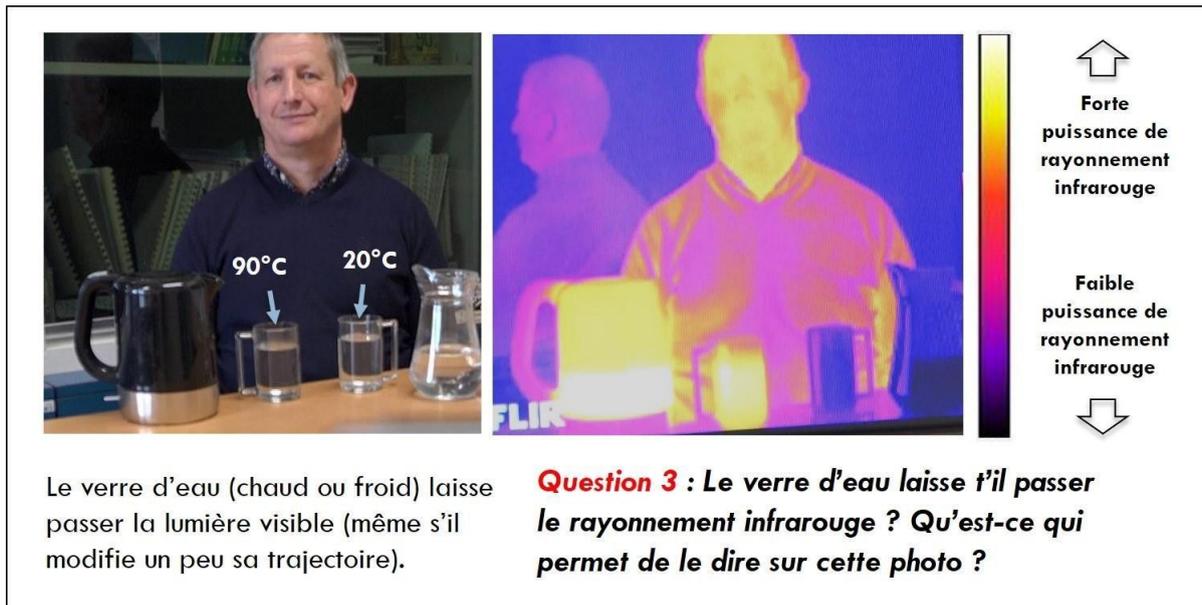


Figure 5 : Ressource complémentaire sur le rayonnement infrarouge

Une fois clarifiée la nature de la grandeur détectée par la caméra infrarouge – la puissance de rayonnement – sont introduites les notions d'émission et d'absorption par la matière. La configuration de cette scène, utilisant les différents points de vue des personnages à l'aide d'un jeu de plans « champ/contrechamp », a été choisie pour renforcer la comparaison entre rayonnement visible et infrarouge vis-à-vis de la transparence (Figure 4, dernière vignette). Le cas des gaz est ensuite questionné explicitement (Figure 6). En effet d'après (Maron et al., 2024), pour la large majorité des élèves du secondaire, l'idée que les gaz puissent émettre ou absorber du rayonnement n'est pas une évidence.

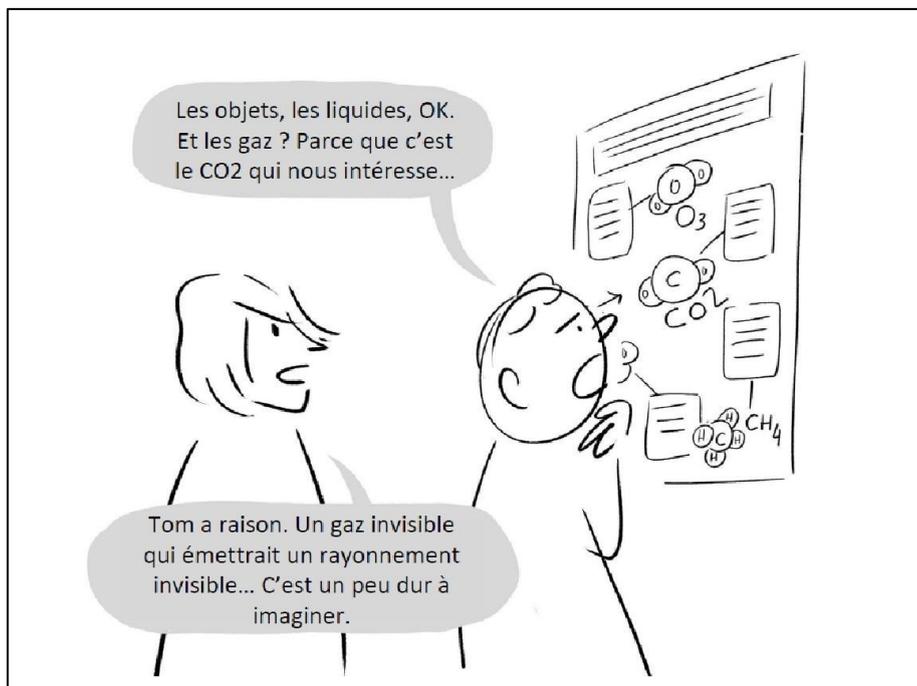


Figure 6 : Cas des gaz

Questionnement sur l'image infrarouge du CO₂

La suite de la mise en scène repose sur une présentation d'observations infrarouges de ballons d'air et de CO₂ refroidi, ainsi que le questionnement sur leur interprétation (figure 7). Ici, la narration transpose dans une mise en scène en public portée par les Grandiloquents (leur nom de scène) les expériences et les observations infrarouges en question. Cela a pour but de montrer une appropriation par les personnages eux-mêmes des éléments clés du cheminement didactique et de les partager avec le public.

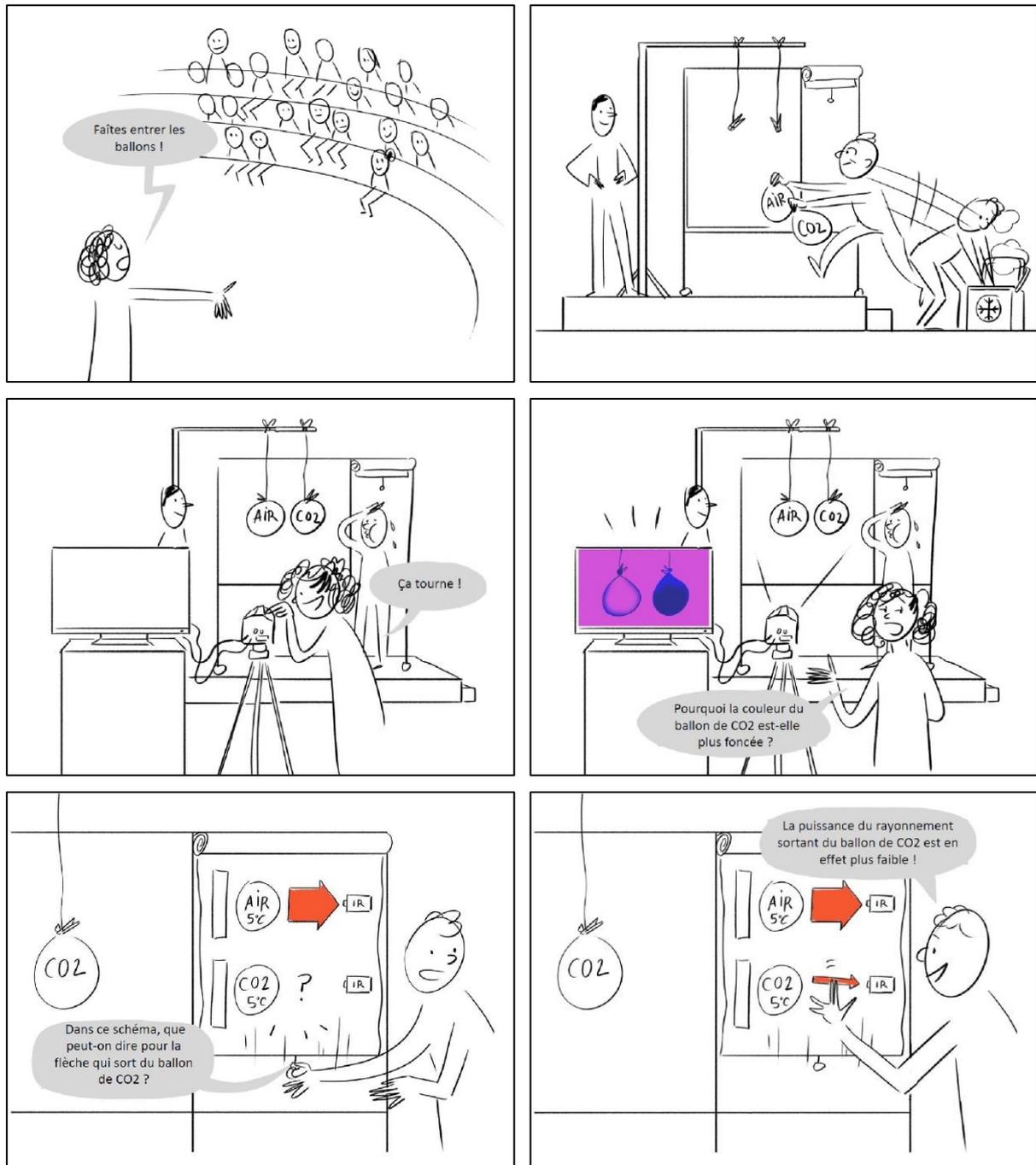


Figure 7 : Expérience des ballons d'air et de CO₂ en infrarouge

Ces expériences reproduisent celles élaborées par l'équipe de recherche en didactique (Maron et al., 2024), dont les données seront mises à disposition dans les ressources (Figure 8).

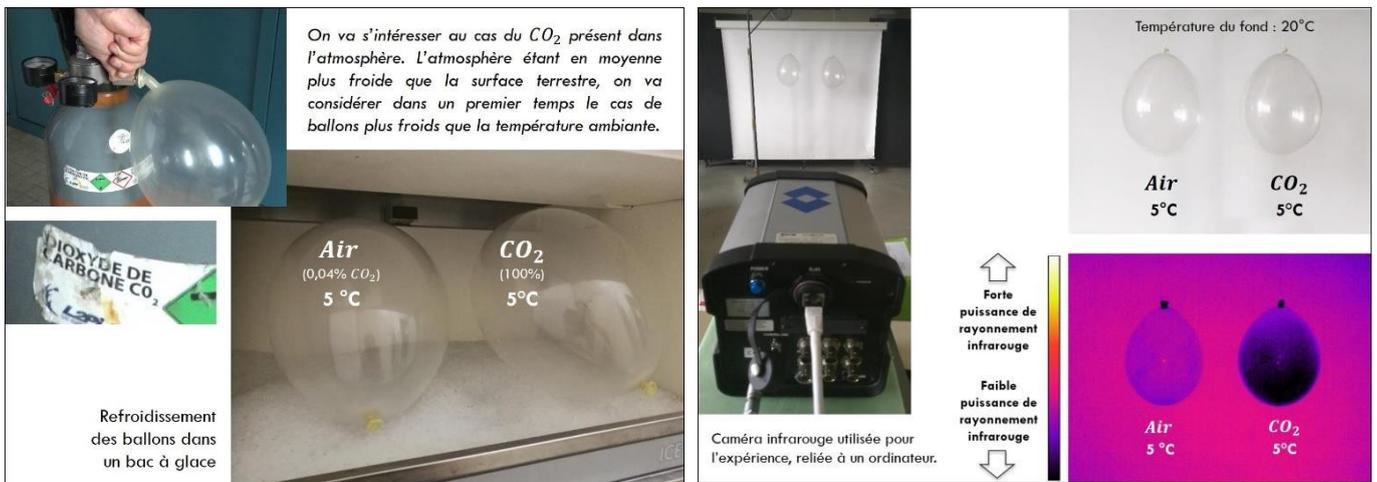


Figure 8 : Ressources complémentaires sur les ballons d'air et de CO₂ froids observés avec une caméra infrarouge

Introduction du bilan radiatif terrestre et question ouverte

La dernière scène de l'épisode consiste en l'extrapolation du résultat de l'expérience avec le CO₂ au système Terre, à partir d'un bilan des rayonnements à l'interface avec l'Espace (Figure 9). L'ordre de construction est pensé pour éviter la tendance à une lecture séquentielle du bilan (Colin & Tran Tat, 2011).

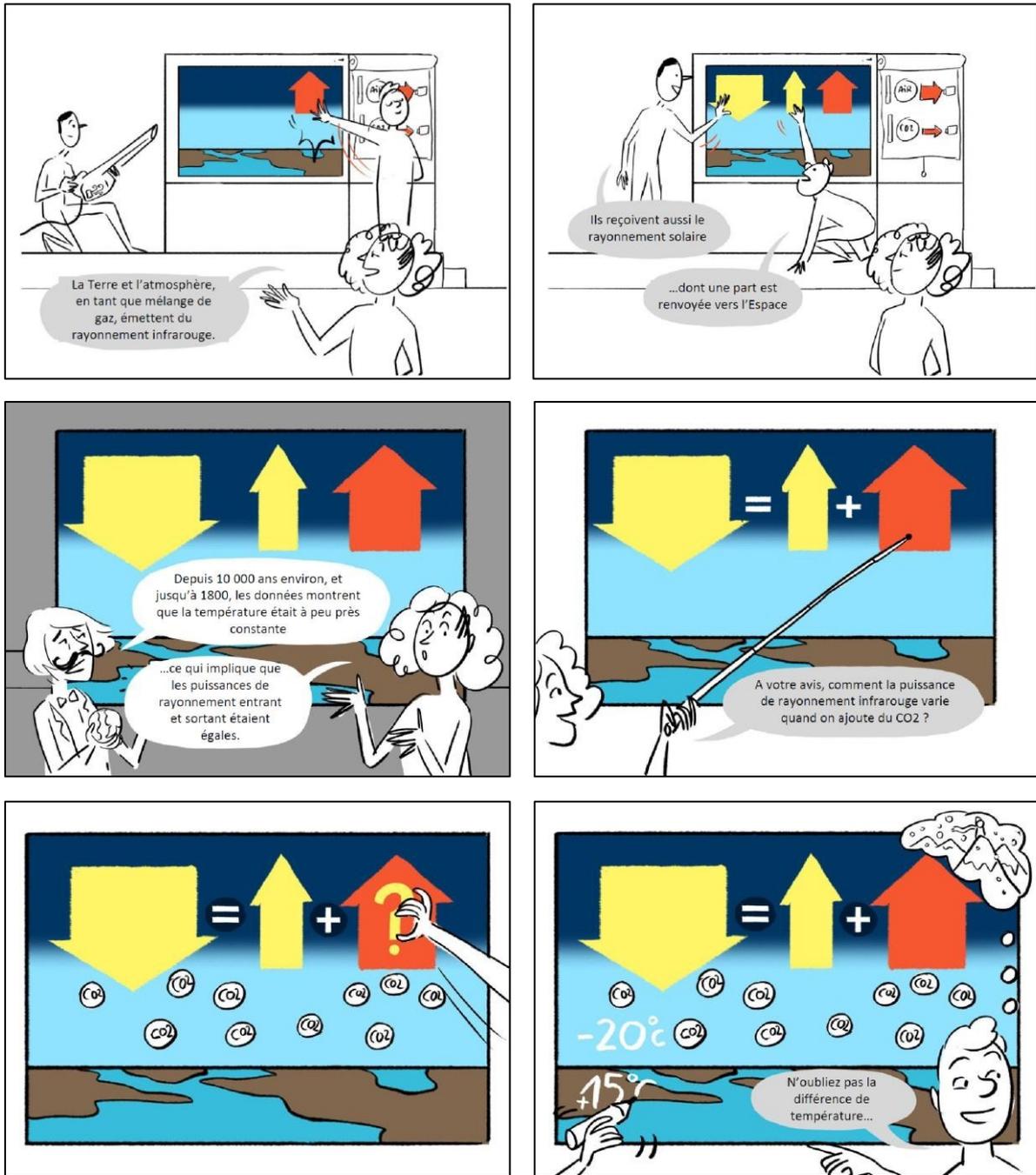


Figure 9 : construction du bilan radiatif terrestre.

Les personnages apportent progressivement des éléments permettant de faire le lien entre les deux cas, dont en particulier la rotation du schéma des ballons afin qu'il soit orienté de la même manière que le bilan radiatif terrestre (Figure 10). En endossant la posture du « sachant » dans une performance en public, les personnages invitent les élèves-lecteurs à être plus réceptif à la scène finale : l'épisode se termine en effet par un questionnement adressé au public de la pièce de théâtre : « Et vous ? comprenez-vous pourquoi la température devrait augmenter ? ». Invités de la même façon les élèves-lecteurs peuvent poursuivre le raisonnement dans le cadre de la séquence de classe.

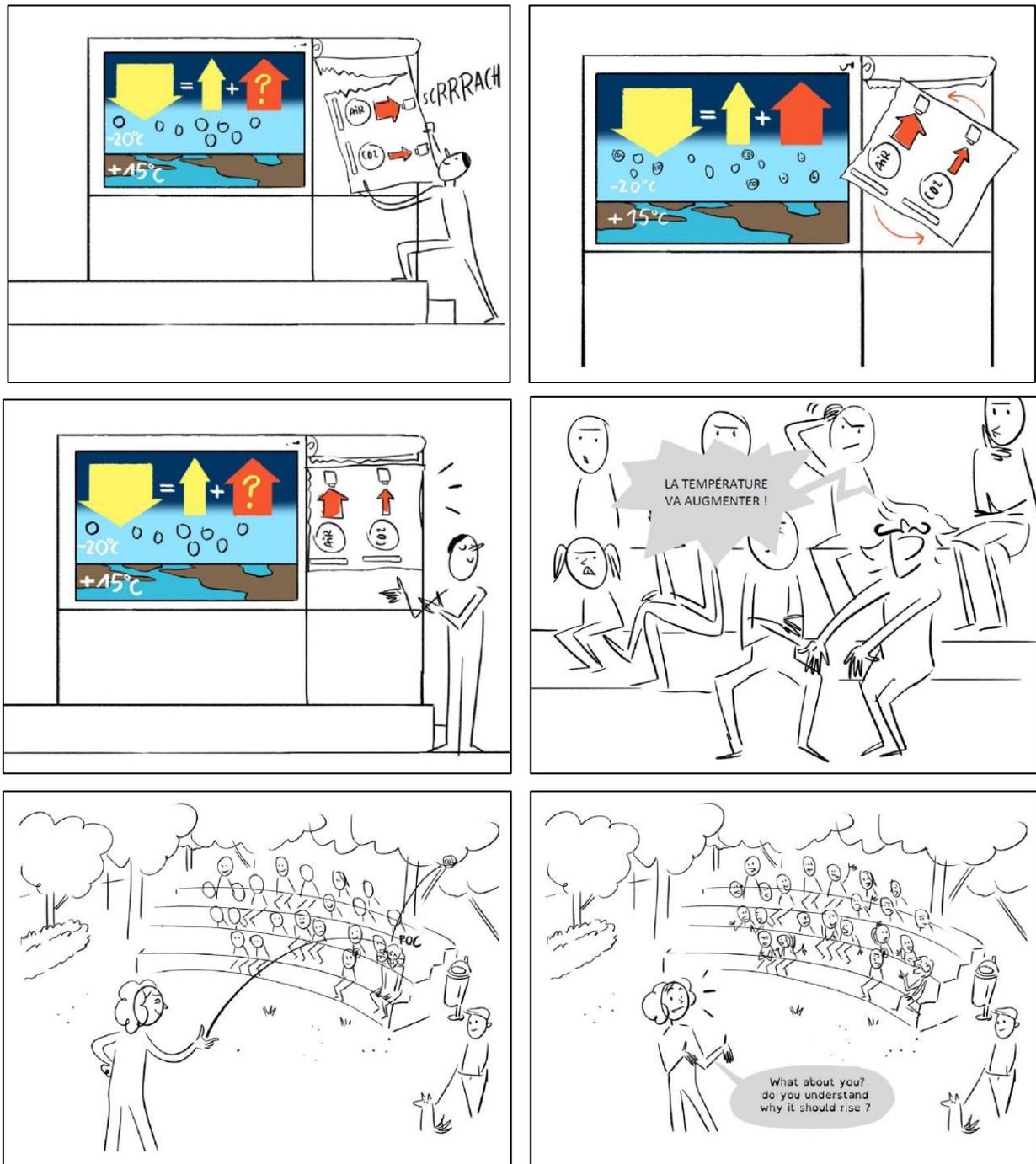


Figure 10 : mise en lien entre la schématisation de l'expérience et le bilan radiatif terrestre après ajout de CO₂

Discussions

Nous avons présenté les principaux choix didactiques, narratifs et graphiques auxquels a abouti le travail collaboratif entre les auteurs de BD et l'équipe de chercheurs en didactique de la physique. Une contrainte forte pour ces derniers a été le format de la BD (environ 100 images, 5 minutes de lecture), qui a déterminé la quantité de contenu physique pouvant être mis en scène

directement, ou bien devant être travaillés en amont ou en aval de l'utilisation de la BD, dans le cadre une séquence d'enseignement. Avec cette contrainte, des propositions ont été argumentées vis-à-vis de chacun des trois objectifs annoncés en question de recherche. Le contexte du problème scientifique est introduit à partir de différentes postures des personnages relativement à l'origine du changement climatique, auxquelles peuvent s'identifier les élèves. Le questionnement de la corrélation entre température et CO₂, permet de poser le problème en reconnaissant ce fait comme non suffisant pour conclure (bien qu'il soit parfois utilisé en ce sens). La suite du récit met en scène des expériences à la fois pour comprendre la nature des images obtenues avec une caméra infrarouge, l'interprétation d'observations infrarouges sur le CO₂, et enfin l'introduction d'un choix représentation pour cadrer la question de l'influence de l'ajout de CO₂ dans l'atmosphère sur la température de la Terre.

Parmi les aspects non explicites dans les choix présentés figure la dimension de problématisation (Fabre & Orange, 1997) menant à l'introduction du rayonnement infrarouge. Autrement dit : comment peut-on passer d'un questionnement sur l'influence du CO₂ sur le climat à la mobilisation de ce concept de rayonnement invisible, en général peu familier des élèves ? Cette intention fait écho, dans la « problem-posing approach » (Klaassen, 1995), à l'importance accordée à « amener les élèves dans une position où ils voient eux-mêmes la pertinence d'étendre leur connaissance conceptuelle, leurs expériences et leur système de croyances dans une certaine direction » (Lijnse & Klaassen, 2004). Une réflexion complémentaire est donc nécessaire pour faire le lien entre la recherche des causes possibles d'un réchauffement et la notion de bilan de puissance de rayonnement. Celui-ci permet ainsi d'amener la question de l'influence possible du CO₂ sur les différents types de rayonnement en jeu dans ce bilan, et ainsi de justifier les expériences sur l'interaction entre CO₂ et rayonnement infrarouge. Ces considérations suggèrent qu'un travail en classe sur le bilan de rayonnement et son lien à l'évolution de la température pourrait être pertinent en amont de l'utilisation de la BD. Ces éléments seraient alors à disposition des élèves pour construire le raisonnement qualitatif permettant de passer de la baisse de la puissance infrarouge émise vers l'Espace (figure 10) à l'élévation de la température du système (via le déséquilibre du bilan).

Perspectives d'expérimentations

L'ensemble des choix présentés et justifiés ci-dessus, à la fois sur le storyboard de la BD et ses ressources associées, sont désormais prêtes pour être intégrées dans une séquence d'enseignement et expérimentées en classe. La suite de notre recherche a pour objectif d'apporter des éléments de réponses aux questions suivantes :

- Dans quelle mesure les élèves parviennent-ils à comprendre chaque étape du cheminement conceptuel à travers le premier storyboard de la BD ?
- Quel est le point de vue des enseignants sur ces ressources ? Notamment relativement à leur rapport au sujet et leur expérience d'enseignement de ce celui-ci. Quelles conditions pourraient faciliter leur appropriation ?

Ces expérimentations sont en cours avec des classes de terminale enseignement scientifique, et plusieurs entretiens avec des enseignants sont prévues. Les résultats pourront être présentés lors du colloque en juin 2024.

Bibliographie

- Arguel, P., Bonnefond, P., & Matricon, J. (2017). " Lumière sur la BD": une approche modulaire de l'optique par l'analyse de vignettes issues de bandes dessinées. In *Rencontres Enseignement de l'Optique et Didactique (REOD) 2017*.
- Besson, U., De Ambrosis, A., & Mascheretti, P. (2010). Studying the physical basis of global warming : Thermal effects of the interaction between radiation and matter and greenhouse effect. *European Journal of Physics*, 31(2), 375.
- Bordenave, L. (2016). *The mysteries of comic book science storytelling*. Telling Science, Drawing Science, Angoulême, France.
- Chavalarias, D., Bouchaud, P., Chomel, V., & Panahi, M. (2023). Les nouveaux fronts du dénielisme et du climato-scepticisme. <https://hal.science/hal-03986798>
- Colin, P., & Tran Tat, N. (2011). Difficile compréhension de l'effet de serre : Comment concevoir un parcours d'enseignement-apprentissage au lycée ? RDST. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 4, Article 4. <https://doi.org/10.4000/rdst.504>
- Dufresne, J.-L., & Treiner, J. (2011). L'effet de serre atmosphérique : Plus subtil qu'on ne le croit ! *La Météorologie*, 8(72), 31. <https://doi.org/10.4267/2042/39839>
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 1997, 24" Obstacles: travail didactique". <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8668>
- Gautier, C., Deutsch, K., & Rebich, S. (2006). Misconceptions about the greenhouse effect. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 386-395.
- Handayani, R. D., Prastowo, S. H. B., Prihandono, T., Putra, P. D. A., Bachtiar, R. W., Nuraini, L., Supriadi, B., Maryani, M., Bektiarso, S., & Lesmono, A. D. (2021). Students' thought pattern concerning the greenhouse effect. *Momentum: Physics Education Journal*, 21-28.
- Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., Wray, B., Mellor, C., & Susteren, L. van. (2021). Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change : A global survey. *The Lancet Planetary Health*, 5(12), e863-e873. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00278-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00278-3)
- Hosler, J., & Boomer, K. B. (2011). Are Comic Books an Effective Way to Engage Nonmajors in Learning and Appreciating Science? ¹. *CBE—Life Sciences Education*, 10(3), 309-317. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-07-0090>
- Intergovernmental Panel On Climate Change. (2021). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis : Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the*

- Intergovernmental Panel on Climate Change (1^{re} éd.). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H., & Komorek, M. (1996). Educational reconstruction—bringing together issues of scientific clarification and students' conceptions. Annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST).
- Klaassen, K. (1995). A problem-posing approach to teaching the topic of radioactivity (CD-b Press).
- Lijnse, P., & Klaassen, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching–learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26(5), 537-554. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614753>
- Maron, Dufresne, J.-L., Pélissier, L., Rabier, A., & Cochepin, M. (2024). Cheminement conceptuel empiriquement fondé pour comprendre le rôle du CO₂ dans le réchauffement climatique. In *Après les 12èmes Rencontres* (Editions de l'ARDiST, p. 223-250). <https://hal.science/hal-03881838v3>
- Ravachol, D. O. (2023). Concilier l'engagement des élèves pour le climat et leur accès à des savoirs émancipateurs, est-ce possible et à quelles conditions ? *Educations*, 6(2). <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2023.0959>
- Shepardson, D. P., Choi, S., Niyogi, D., & Charusombat, U. (2011). Seventh grade students' mental models of the greenhouse effect. *Environmental Education Research*, 17(1), 1-17.
- Toffaletti, S., Di Mauro, M., Rosi, T., Malgieri, M., & Onorato, P. (2022). Guiding Students towards an Understanding of Climate Change through a Teaching–Learning Sequence. *Education Sciences*, 12(11), 759. <https://doi.org/10.3390/educsci12110759>

Points de vue d'enseignants sur une proposition de choix didactiques pour l'enseignement du réchauffement climatique

Lionel Pelissier¹, Valentin Maron¹

1 : Education, Formation, Travail, Savoirs, École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole de Toulouse-Auzeville, Université Toulouse Jean Jaurès

Résumé

Cette communication s'inscrit dans le cadre de notre travail de développement de ressources sur le thème du changement climatique au niveau du secondaire. Plus précisément, elle vient à la suite de propositions de choix didactiques adaptés aux nouveaux programmes de lycée général et professionnel, pour l'enseignement du lien entre l'augmentation de la quantité de gaz à effet de serre et l'augmentation de la température moyenne terrestre, en allant examiner à leur propos les points de vue d'enseignants. Ces choix, argumentés sur la base d'une critique d'approches d'enseignement existantes sur le sujet et sur les modes de raisonnement des élèves, visent à constituer une logique de construction du lien entre l'augmentation des émissions de gaz carbonique (CO₂) et l'élévation de la température moyenne de la Terre, en s'appuyant autant que possible sur des éléments empiriques explicites autour des phénomènes d'émission et d'absorption du rayonnement infrarouge par le CO₂. Après avoir rappelé ces choix, nous présentons la méthodologie et les résultats obtenus sur les points de vue exprimés par des enseignants novices et expérimentés au regard des questions de mise en œuvre en classe qu'ils soulèvent.

Mots-Clés : Physique ; Climat ; Effet de serre ; Choix didactiques ; Point de vue des enseignants

Points de vue d'enseignants sur une proposition de choix didactiques pour l'enseignement du réchauffement climatique

Introduction

Les programmes scolaires en France et ailleurs ont récemment renforcé l'enseignement de la physique du climat, notamment à travers l'étude du rôle des gaz à effet de serre (GES) sur le réchauffement climatique (MEN 2023, p.9). Cependant, la façon dont cela est présenté, telle que la concentration accrue des GES entraînant une absorption accrue du rayonnement thermique, pose des problèmes épistémologiques et didactiques. Cette présentation néglige notamment le rôle prépondérant de la vapeur d'eau par rapport au dioxyde de carbone (CO₂) dans l'absorption du rayonnement. Ces considérations remettent en question les schémas traditionnels de l'effet de serre et nécessitent une reformulation de l'explication du lien entre les émissions de GES et le réchauffement climatique (Dufresne & Treiner, 2011).

À cette fin, notre recherche conduite conjointement par des didacticiens de la physique et physicien du climat vise à élaborer une logique de construction pour enseigner le lien entre l'augmentation du CO₂ et le réchauffement global. Notre communication porte sur les points de vue d'enseignants sur notre proposition.

Les savoirs nécessaires à l'enseignement du réchauffement climatique

L'élaboration de la proposition soumise aux enseignants (Auteurs, 2022, 2023 (accepté)) est conduite dans le cadre du « Model of Educational Reconstruction » (Kattmann et al., 1996, Duit, 2007). Elle prend appui sur une analyse conjointe du contenu (Dufresne & Treiner, 2011), des difficultés des élèves (Gautier et al., 2006; Shepardson et al., 2011; Handayani et al., 2021; Colin & Tran Tat, 2011) et des approches d'enseignement existantes (Besson et al., 2010; Ravachol, 2023; Toffaletti et al., 2022).

Elle est construite autour des trois objets de savoir suivants :

- la propriété du CO₂ émettre du rayonnement infrarouge, dépendant de sa température et de sa concentration,
- la propriété du CO₂ à absorber du rayonnement infrarouge, dépendant de sa concentration,
- le gradient de température vertical de l'atmosphère.

Se limitant aux aspects qualitatifs, notre proposition se concentre principalement sur les deux premiers points, vise à limiter les prérequis nécessaires à la compréhension du phénomène tout en restant scientifiquement légitime, et à s'affranchir du raisonnement séquentiel et de « la petite histoire » pointés par Ravachol (2023). A la différence des travaux de Toffaletti et al. (2022, p.3-4) qui se situent dans le même cadre du MER et sur le même objet, mais qui concernent l'enseignement à l'université, nous avons ainsi cherché à éviter de faire appel à un certain nombre de concepts relatifs au rayonnement et à l'interaction rayonnement matière (distinction température-chaleur et aspects microscopiques, modèles du corps noir, diffusion, réfraction, modèle microscopique de l'interaction rayonnement-matière) qui ne constituent pas des prérequis chez les élèves des niveaux scolaires concernés, et que nous avons considérés comme n'étant pas indispensables. Mais nous avons choisi de prendre en compte les difficultés des élèves notamment au sujet de l'interaction entre le rayonnement infrarouge et des gaz tout en justifiant nos propos sur des arguments empiriques explicites.

Notre proposition contient les 4 étapes suivantes :

- la notion de puissance de rayonnement (généralisée à partir de celle de la luminosité variable d'une lampe) émise par des corps, puissance dépendant de leur température ; la fonction d'une caméra thermique qui est de mesurer la puissance de rayonnement infrarouge qu'elle reçoit ;
- l'interprétation d'images infrarouges de ballons d'air et de CO₂ à différentes températures, permettant de comprendre la capacité de ces gaz à émettre et d'absorber du rayonnement infrarouge et l'extrapolation de ces propriétés au cas de l'atmosphère terrestre dans laquelle est ajouté du CO₂
- l'établissement d'un bilan radiatif sur un système dont la température augmente (à partir de l'exemple d'une tôle exposée au soleil)
- l'établissement d'un bilan radiatif pour le système (Terre+atmosphère) à température moyenne constante (stationnaire) et l'effet de l'augmentation de la quantité de CO₂ sur ce bilan (augmentation de la température moyenne).

Question de recherche

Nous avons consulté des enseignant.es pour recueillir leurs avis sur notre logique de construction. Cela s'inscrit dans le cadre du « MER ». En plus de l'observation des pratiques, nous cherchons à comprendre les pratiques déclarées et effectives des enseignants. En effet, comme le soulignent Hasni et al. (2009, p. 89), il est important de considérer à la fois les pratiques déclarées et effectives : si l'observation en classe enrichit notre compréhension des pratiques enseignantes, révélant des aspects non accessibles par questionnaires ou entretiens, il nous est difficile d'en réaliser un grand nombre. Nous souhaitons ainsi faire évoluer notre proposition en mettant en regard des investigations sur les pratiques déclarées et observées, nous permettant d'identifier les obstacles potentiels à sa transposition en classe et les leviers facilitant son appropriation par les enseignants. Dans quelle mesure les savoirs constitutifs de la proposition de notre logique de construction constituent-ils, du point de vue des enseignants, des points d'appuis pertinents pour enseigner le réchauffement climatique ? Quelles difficultés épistémologiques et didactiques la perspective de sa transposition soulèvent-elle ?

Méthodologie de recueil des données

Notre proposition a été soumise à l'examen d'enseignants confirmés (10) dans le cadre d'une journée de formation continue, et d'enseignants débutants (8), dans le cadre de la formation initiale des professeurs stagiaires en INSPE.

Dans les deux cas, le même protocole de recueil de données a été mis en œuvre et comporte 3 phases :

Phase 1

Un document contenant l'ensemble des figures de la proposition et leur légende a été distribué après une brève introduction orale présentant les intentions des auteurs et la raison d'être de ce document. Les enseignants ont disposé d'une heure pour en faire l'examen individuellement, et annoter leurs commentaires.

Phase 2

La fin du document contient un questionnaire que les enseignants devaient compléter et qui avait vocation à recueillir leur point de vue synthétique sur le document qu'ils viennent d'étudier. Les 7 questions qui leur sont posées visent à recueillir des informations sur :

- le terrain d'exercice de l'enseignant.e (niveaux scolaires) et son sentiment sur sa capacité à enseigner les attendus des divers programmes du secondaire à ce sujet (collège, lycée général, lycée professionnel) ;
- son point de vue général argumenté sur la possibilité que ce document puisse servir de ressource et à quel niveau scolaire ;
- les modifications qu'il-elle apporterait aux contenus du document, à quelle figure précisément et pourquoi ;

Phase 3

Les enseignants sont invités dans un troisième temps à travailler par petits groupes de 2 à 4 pour confronter leurs points de vue construits lors des deux premières étapes et noter les observations et commentaires qui émergent de ce travail collectif. Les échanges au sein de chacun des groupes sont enregistrés et retranscrits mot à mot.

Méthodologie d'analyse des données

Les traces écrites ont tout d'abord été condensées dans un tableau de sorte à avoir un regard synoptique sur l'ensemble des contributions. Nous avons dans une approche qualitative recherché des points communs entre ces traces et souligné les points de singularité. Elles ont été mises en regard des transcriptions qui leur ont, dans la plupart des cas, donné du sens.

L'examen des transcriptions a fait l'objet d'un découpage selon 4 unités thématiques qui renvoient à la structure de contenus du document de travail.

Deux critères principaux conduisent notre analyse :

- Repérage d'indicateurs d'évaluation (point considéré comme positif / intéressant / bien présenté / utile / inutile / difficile / peu clair / confus / trop complexe / il manquerait de / ce serait bien que soit ajouté...) et prise en compte des justifications épistémiques et/ou didactiques associées : nous avons retenu chacune des remarques comme pertinente lorsqu'elle était associée à une justification qui prenait en compte explicitement la dimension du savoir en jeu et/ou les difficultés supposées des élèves.
- Identification de points de difficulté pour les enseignants eux-mêmes, du point de vue de la physique.

Résultats

Même si seulement 4 enseignants confirmés ont rencontré cette physique au cours de leur formation, aucun ne se sent désemparé devant la tâche de l'enseigner, même si aucun ne se déclare vraiment à l'aise. En revanche, même si deux des novices revendiquent être à l'aise pour l'enseigner, les autres se sentent plutôt fragiles alors même que 6 ont rencontré ce domaine dans leur formation initiale à l'université. Parmi les 7 groupes (confirmés+novices), un seul s'est attaché à évaluer les propositions uniquement sur le plan scientifique sans faire mention des élèves.

Un premier résultat général apparaît en creux : les enseignants participant à l'enquête ne considèrent pas que la proposition soit globalement non pertinente pour les élèves visés. Un argument discuté concerne l'absence d'aspect quantitatif, jugé généralement difficile pour les élèves. Un groupe discute par exemple de la nécessité d'introduire la notion de puissance de rayonnement, arguant que "rayonnement plus ou moins important" serait peut-être suffisant : *« je pense que tout naturellement, en collège, ils peuvent comprendre que plus la couleur est lumineuse (sur l'image de la caméra IR), plus ça veut dire que le rayonnement IR est important »*. Certains enseignants estiment que cette proposition conviendrait mieux aux niveaux de fin de cycle 4 et du lycée, ainsi qu'à des projets EPI ou d'ateliers scientifiques, qui ciblent un public plus restreint et offrent des modalités de travail plus souples.

Des commentaires pertinents questionnent la proposition sur le plan scientifique, par exemple, au sujet des propriétés du verre et du plastique vis-à-vis de l'infrarouge :

« comparer les propriétés du verre et du plastique vis-à-vis de l'IR nécessite que cette comparaison soit réalisée toutes choses égales par ailleurs ; on peut pas comparer deux matériaux (verre et protège document) d'épaisseurs différentes ». Ou bien encore au sujet de l'émission de rayonnement par les corps : *« mais deux objets sont difficilement comparables au niveau de la température (même température \Leftrightarrow spectres différents »*. Ces retours suggèrent une plus grande prise en charge des aspects pratiques et conceptuels nécessaires pour une appropriation non équivoque de la proposition.

Un second résultat révèle que, bien que certains aspects de la proposition soient évalués de manière globalement convergente, les justifications sont plus diverses. Les enseignants ne formulent pas des critiques génériques, mais identifient des difficultés prévues chez les élèves, telles que des lacunes en lexique ou en concepts, à des endroits différents selon les groupes : *« il est nécessaire d'être précis sur le lexique et important de l'associer à une illustration »*. Les enseignants confirmés expriment davantage de difficultés personnelles à comprendre la physique impliquée.

Un troisième point commun entre les points de vue est la nécessité d'ajouter un temps de construction de savoirs préalables à toute séquence basée sur la proposition. Ces savoirs peuvent inclure les modes d'échanges de l'énergie thermique (dont le rayonnement est une modalité), les spectres d'émission ou d'absorption, la manipulation de la caméra infrarouge, les notions d'équilibre et de déséquilibre du bilan de rayonnements, et les notions de réflexion, réfraction et diffusion du rayonnement infrarouge, ainsi que la notion de vide. Certains groupes soulignent le besoin d'introduire l'idée de lumière infrarouge comme partie du spectre solaire et la nécessité de comprendre les concepts de spectre et de fréquences, estimant que ces aspects sont parmi les plus délicats pour les élèves (cet aspect revient à de nombreuses reprises).

Enfin, les échanges entre les enseignants dans les groupes mettent en évidence ça et là quelques difficultés d'interprétation des expériences. Un exemple est fourni par les propos d'un enseignant confirmé, révélant une conception erronée de l'interaction du rayonnement infrarouge avec la matière : « *« Il (le verre) absorbe tout l'infrarouge, puisqu'il n'émet rien.(...). Donc, en fait, en dessous d'une certaine température, ça va absorber. Et ça ne va ré-émettre qu'au-dessus d'une certaine température »*. Cette confusion souligne la nécessité d'une clarification des concepts liés au rayonnement infrarouge et à ses interactions avec la matière.

Discussion - conclusion

L'étude a fourni des réponses précieuses à notre question de recherche. Les enseignants soulignent la complexité de l'enseignement de la physique liée au réchauffement climatique au secondaire, exprimant un sentiment de déséquilibre dans leurs pratiques. Le besoin de ressources didactiques et d'accompagnement est souligné, malgré les tensions entre la complexité des concepts et la demande de simplification. Ils rejoignent en grande partie la liste des concepts physiques clefs proposée par Toffaletti et al. (2022) (p. 3 et 8). Ces résultats mettent en lumière les défis épistémologiques, didactiques et institutionnels auxquels sont confrontés les enseignants.

L'enquête visait à prendre en compte les points de vue d'enseignants sur une logique de construction pour l'enseignement de la physique du réchauffement climatique. Les retours soulignent le besoin de liens explicites entre les étapes conceptuelles et d'autres concepts clés. Des exemples concrets adaptés aux niveaux scolaires sont jugés nécessaires, envisageant une collaboration avec des enseignants pour les intégrer dans le processus d'élaboration.

Bibliographie

- Besson, U., De Ambrosis, A., & Mascheretti, P. (2010). Studying the physical basis of global warming : Thermal effects of the interaction between radiation and matter and greenhouse effect. *European Journal of Physics*, 31(2), 375.
- Colin, P., & Tran Tat, N. (2011). Difficile compréhension de l'effet de serre : Comment concevoir un parcours d'enseignement-apprentissage au lycée ? RDST. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 4, Article 4. <https://doi.org/10.4000/rdst.504>
- Duit, R. (2007). Science education research internationally : Conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 3-15.
- Dufresne, J.-L., & Treiner, J. (2011). L'effet de serre atmosphérique : Plus subtil qu'on ne le croit ! *La Météorologie*, 8(72), 31. <https://doi.org/10.4267/2042/39839>
- Gautier, C., Deutsch, K., & Rebich, S. (2006). Misconceptions about the greenhouse effect. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 386-395.
- Handayani, R. D., Prastowo, S. H. B., Prihandono, T., Putra, P. D. A., Bachtiar, R. W., Nuraini, L., Supriadi, B., Maryani, M., Bektiarso, S., & Lesmono, A. D. (2021). Students' thought pattern concerning the greenhouse effect. *Momentum: Physics Education Journal*, 21-28.
- Hasni, A., Moresoli, C., Samson, G., & Owen, M. È. (2009). Points de vue d'enseignants de sciences au premier cycle du secondaire sur les manuels scolaires dans le contexte de l'implantation des nouveaux programmes au Québec. *Revue des sciences de l'éducation*, 35(2), 83-105. DOI: <https://doi.org/10.7202/038730ar>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H., & Komorek, M. (1996). Educational reconstruction—bringing together issues of scientific clarification and students' conceptions. *Annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST)*.
- Auteurs (2022, November). Comprendre l'origine du réchauffement climatique-Comment construire le lien entre concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère et température moyenne de la Terre?. *In 12èmes rencontres scientifiques de l'ARDiST*
- Ravachol, D. O. (2023). Concilier l'engagement des élèves pour le climat et leur accès à des savoirs émancipateurs, est-ce possible et à quelles conditions ? *Educations*, 6(2). <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2023.0959>
- Shepardson, D. P., Choi, S., Niyogi, D., & Charusombat, U. (2011). Seventh grade students' mental models of the greenhouse effect. *Environmental Education Research*, 17(1), 1-17.
- Toffaletti, S., Di Mauro, M., Rosi, T., Malgieri, M., & Onorato, P. (2022). Guiding Students towards an Understanding of Climate Change through a Teaching–Learning Sequence. *Education Sciences*, 12(11), 759. <https://doi.org/10.3390/educsci12110759>

Adaptation et validation d'un test conceptuel en mécanique

Florian Stern^{1,2}, Sébastien Roch^{2,3}, Andreas Mueller^{1,2,4}

1 : Institut Universitaire de Formation des Enseignants (IUFÉ), Université de Genève

2 : Didactique des sciences physiques, Université de Genève

3 : Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse

4 : Section de Physique, Université de Genève

Résumé

Notre projet vise à développer une collection de tests diagnostiques pour l'enseignement secondaire francophone. La spécificité du projet réside dans l'étroite collaboration entre les enseignants et les chercheurs : les premiers identifient certaines variables (par exemple, la compréhension conceptuelle de la mécanique) et mènent une validation d'un test dans leurs propres classes ; les seconds apportent un soutien de recherche concernant la littérature existante et les tests pertinents, leurs bases théoriques et la méthodologie associée. Nous présentons un exemple de développement d'un test collaboratif et de sa validation dans le cadre d'un cours sur la mécanique. Les résultats sont d'abord présentés au niveau de la « réalisation » : un test court portant sur un sujet spécifique, respectant les multiples contraintes de la pratique et de la recherche (temporelles, curriculaires, méthodologiques) et présentant des indicateurs psychométriques satisfaisants. Ensuite, nous décrivons comment une telle collaboration entre enseignants et chercheurs peut entraîner une adaptation de l'enseignement et des évaluations, et comment elle modifie la perception du rôle de l'enseignant.

Mots-Clés : Questionnaire ; Conceptions ; Développement ; Validation ; Recherche et pratique

Adaptation et validation d'un test conceptuel en mécanique

Projet collaboratif avec un enseignant du secondaire

Introduction

Depuis plusieurs décennies, des études en didactique des sciences documentent les conceptions erronées des élèves. Par exemple, l'idée que « les objets plus lourds tombent plus rapidement que des objets légers » (Kavanagh & Sneider, 2006) est une conception erronée fréquente chez les élèves. Selon Potvin et Thouin (2003), une conception est un « modèle personnel qu'un élève possède sur un phénomène scientifique et qu'il utilise pour interpréter la réalité physique qui l'environne ». Les élèves arrivent donc en classe avec de nombreuses conceptions (ou représentations) initiales, dont certaines constituent parfois un obstacle à l'apprentissage des sciences. Pour améliorer l'efficacité de l'enseignement, il est suggéré aux enseignants d'identifier et de prendre en compte les représentations initiales de leurs élèves (De Vecchi, 1987; Schneeberger, 1997).

Cadre théorique

Les enseignants doivent être en mesure de diagnostiquer les conceptions erronées de leurs élèves de manière fiable et rapide, par exemple avec un questionnaire ou par des entretiens. Le diagnostic ainsi produit donne une idée plus claire des conceptions erronées des étudiants (Treagust, 1988), et vise à améliorer l'apprentissage des élèves en adaptant l'enseignement en conséquence (Béland & Marcoux, 2016; Rey, 2016). Notons que ces tests diagnostiques qui prennent par exemple la forme d'un questionnaire à choix multiples (QCM), sont généralement effectués en complément des évaluations habituelles de l'enseignant, pour apporter un regard nouveau sur la compréhension des élèves.

S'il existe de nombreux tests permettant de diagnostiquer la compréhension conceptuelle des élèves (Anderson et al., 2002; Smith et al., 2008), leur utilisation directe dans une situation de classe donnée peut être délicate. D'abord, un questionnaire peut nécessiter un ajustement des questions, par exemple si certaines d'entre elles sont trop complexes, ou simplement si la durée de passation est trop longue. Ensuite, l'interprétation des tests par les enseignants n'est pas toujours aisée. Enfin, il existe à ce jour encore trop peu de tests diagnostiques disponibles dans l'espace francophone (Trudel et al., 2008), alors que leur utilisation est davantage répandue dans la tradition anglo-saxonne (Barbera et al., 2023; Madsen et al., 2017).

Ainsi, plusieurs auteurs soulignent l'absence marquée d'utilisation de tests diagnostiques en classe (Turner et al., 2011), le besoin important d'en avoir davantage (Béland & Marcoux, 2016 ; Coppens et al., 2009), et la nécessité d'une évaluation plus systématique (Loye & Lambert-Chan, 2016). L'objectif de recherche du présent projet consiste donc à répondre à ce besoin en combinant l'expertise complémentaire des enseignants de sciences et des chercheurs en didactique des sciences pour le développement collaboratif de tests diagnostiques à utiliser en classe.

Ceux-ci s'inspirent de tests déjà validés et ayant donc une bonne qualité psychométrique (c'est-à-dire qu'ils mesurent de manière fiable et valide ce qu'ils sont censés évaluer). Notre projet de travail collaboratif s'appuie sur des recherches antérieures démontrant l'importance de l'approche collaborative de la recherche en éducation, consistant « à faire de la recherche «avec» plutôt que «sur» les praticiens » (Desgagné et al., 2001, p.33), contribuant ainsi à établir de nouveaux liens entre la recherche et la formation. De manière plus spécifique, les deux questions de recherche que nous souhaitons investiguer sont les suivantes :

Q1. Quels sont les potentiels et les limitations liés au développement d'un test fiable pour une utilisation en classe, et dans quelle mesure peut-on documenter le processus de développement ?

Q2. Quel est l'impact de la collaboration enseignant-chercheur sur l'adaptation de l'enseignement et des évaluations, ainsi que sur la perception professionnelle du rôle des enseignants ?

Méthode

Contexte

Le projet prend la forme d'une collaboration entre des chercheurs en sciences de l'éducation et des enseignants de biologie, de chimie et de physique, avec un accent particulier sur cette dernière dans la contribution actuelle.

Premièrement, un enseignant choisit un sujet pour lequel il a d'une part un intérêt pédagogique et pour lequel il existe un besoin de diagnostiquer les connaissances des élèves, et d'autre part qui respecte les objectifs pédagogiques et les contraintes temporelles du programme scolaire. Les chercheurs fournissent alors des informations sur la littérature liée à ce sujet : par exemple, des tests pertinents et le cadre théorique associé.

Deuxièmement, l'enseignant choisit des questions parmi les tests retenus dans la première phase, et les reformule si nécessaire. Souvent, une étape de traduction depuis la langue originale du test (généralement en anglais) vers le français est nécessaire. Ensuite, l'enseignant fait passer le questionnaire, et le chercheur, en collaboration avec l'enseignant, réalise une analyse psychométrique. Notons que l'analyse psychométrique consiste à utiliser des méthodes statistiques pour évaluer la qualité des tests. Cela suppose par exemple de vérifier si les mesures du test sont fiables, valides et adaptées à leur objectif (Raykov & Marcoulides, 2011). L'implication de l'enseignant est variable à cette étape, selon ses intérêts et le temps disponible. Le processus de développement du test présenté dans la Figure 1 s'inspire des recommandations de l'*American Educational Research Association* (Adams & Wieman, 2011).

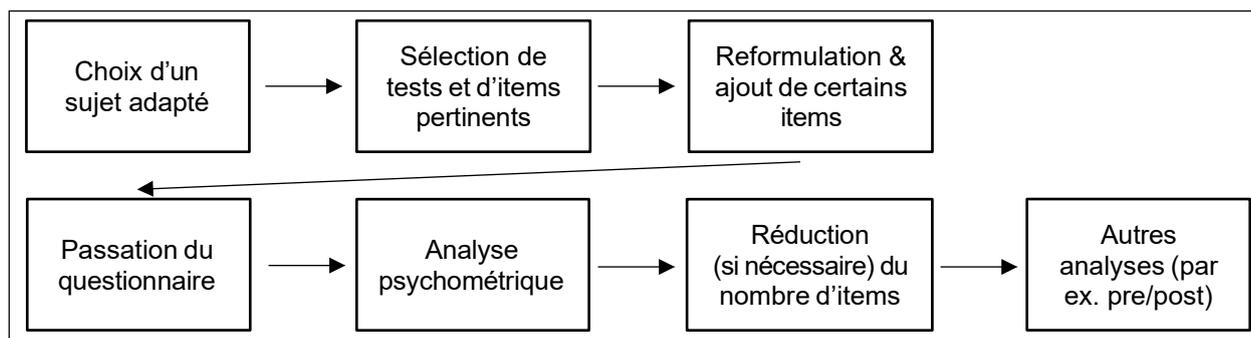


Figure 1. Processus de développement du test en collaboration avec l'enseignant

Enfin, nous avons effectué un entretien semi-structuré d'une quinzaine de minutes avec l'enseignant pour comprendre l'impact de cette collaboration sur l'adaptation de son enseignement et la perception de son rôle. Le protocole d'entretien comportait par exemple les questions suivantes : « Comment cette expérience de recherche a-t-elle influencé votre pratique professionnelle ? », « Comment avez-vous adapté vos méthodes pédagogiques pour mieux répondre aux besoins des élèves ? », ou encore : « En quoi cette expérience a-t-elle influencé votre perception de votre rôle en tant qu'enseignant ? »

Analyses

L'approche considérée est quantitative. Les indicateurs psychométriques du test sont calculés selon les procédures standards (Jorion et al., 2015). Ceux-ci comprennent :

- la difficulté (définie comme le pourcentage de réponse correcte à un item, $P=N_1/N$, où N_1 est le nombre de réponses correctes et N le nombre d'étudiants),
- la discrimination (définie comme la capacité d'un item à différencier les élèves performants de ceux qui le sont moins, $(N_H - N_L)/(N/4)$, où N est le nombre total d'étudiants, N_H et N_L le nombre de réponses correctes dans le premier et dernier quartile respectivement),
- la corrélation item-test (définie comme la cohérence d'un item avec le reste du test, $(\bar{X}_1 - \bar{X}_0)/\sigma_x \sqrt{P(1 - P)}$, où \bar{X}_1 est le score moyen total pour ceux qui ont répondu correctement à cet item, \bar{X}_0 le score moyen total pour ceux qui ont répondu incorrectement à cet item, P la difficulté de cet item, et σ_x l'écart-type du score total),
- alpha de Cronbach (défini comme une mesure de la cohérence interne d'un test dans sa globalité).

Chaque indicateur d'un item est évalué en fonction de critères établis (par exemple, une corrélation item-test $\geq 0,2$ selon Ding & Beichner, 2009). Si l'indicateur satisfait ces critères, l'item est considéré comme de bonne qualité psychométrique et est conservé pour accroître la fiabilité du test ; autrement, s'il ne les satisfait pas (par exemple, une corrélation item-test $< 0,2$), l'item est jugé de faible qualité et est éliminé pour éviter de diminuer la fiabilité du test. En se basant sur ces indicateurs, le nombre de questions peut être réduit, et le test a ainsi de meilleures qualités psychométriques. Ensuite, des analyses plus avancées peuvent être effectuées, par exemple une analyse du gain d'apprentissage pre vs. post.

Exemple d'un projet collaboratif avec un enseignant de physique en Haute-Savoie

Nous présentons l'exemple du développement et de la validation d'un test de mécanique en classe, s'inscrivant dans la série de recherches quantitatives analysant les conceptions des élèves en mécanique (Bani-Salameh, 2016; Coppens et al., 2009). L'enseignant a élaboré un test pour mesurer la compréhension conceptuelle des élèves selon la feuille de route mentionnée précédemment. En se basant sur le *Force Concept Inventory* (Hestenes et al., 1992) et le *Test of Understanding of Vectors* (Barniol & Zavala, 2014), il a sélectionné 27 items conformes aux exigences du programme scolaire (MEN, 2019). Certains items ont été reformulés et d'autres ajoutés en fonction de ses objectifs pédagogiques - pour un exemple d'item, voir Figure 2.

- 2 - Une personne dit à une autre « quand je me suis pesé ce matin, je faisais 62kg ». La valeur en kg se réfère à quelle grandeur physique ?
- A) quantité de matière
 - B) poids
 - C) masse
 - D) volume

Figure 2. Exemple d'un item utilisé

Grâce à une étude pilote, et une première analyse psychométrique basée sur la difficulté, la discrimination, la corrélation item-test et l'alpha de Cronbach, le nombre total d'items a été réduit à 20. Un item a été retiré car il présentait une difficulté, une corrélation item-test et une discrimination en dehors des valeurs recommandées : taux de réussite à l'item de 0,08 (en dehors de [0,30 ; 0,90]), corrélation item-test de 0,07 ($< 0,2$) et discrimination de 0,14 ($< 0,30$) (voir Tableau 1 pour les valeurs recommandées). Au total, $n=183$ élèves d'un lycée général de Haute-Savoie (âgés de 15 à 18 ans) ont participé à l'étude, au mois de novembre de l'année scolaire 2022-2023. L'enseignant a administré le questionnaire en ligne via le logiciel Lime Survey, dans la salle informatique du lycée. Les élèves disposaient de 45 minutes pour répondre, en présence de leur enseignant.

	Valeur moyenne	Valeur recommandée
Difficulté	0,45	dans l'intervalle [0,30; 0,90]
Corrélation item-test	0,29	$> 0,20$
Discrimination	0,49	$> 0,30$

Tableau 1. Indicateurs psychométriques du test de mécanique

Selon le Tableau 1, les indicateurs psychométriques du test étaient globalement satisfaisants, avec une difficulté moyenne de 0.45 (i.e., il y avait 45% de réponses correctes sur l'ensemble du test), une corrélation moyenne item-test de 0,29 (i.e., en moyenne les mesures données par chaque item individuellement sont bien corrélées au reste du test, et sont donc fiables) et une discrimination moyenne de 0,49 (i.e., en moyenne les items ont un bon pouvoir discriminant, et sont donc fiables), l'ensemble de ces valeurs étant situé dans la fourchette des valeurs recommandées (Ding & Beichner, 2009). La cohérence interne est de

0,74 (Intervalle de confiance à 95 % : [0,68 ; 0,79]), ce qui est satisfaisant dans le cadre de la passation d'un questionnaire en classe (Miller et al., 2009).

Conception erronée concernant :	Pourcentage (%) de conceptions erronées :
La masse et le poids	68%
La vitesse et l'accélération	67%
La force d'interaction gravitationnelle	67%

Tableau 2. Les trois conceptions erronées les plus fréquentes observées chez les élèves

Le Tableau 2 décrit les erreurs les plus fréquentes observées chez les élèves : les confusions entre la masse et le poids (68 % d'erreurs), et entre la vitesse et l'accélération (67 % d'erreurs), la compréhension erronée de la force d'interaction gravitationnelle (67 % d'erreurs, par exemple sur les propriétés de la force d'interaction gravitationnelle – propositions : attractive, répulsive, les deux, ou sans effet). Ainsi, sur le plan méthodologique, il est véritablement possible de développer un test qui soit fiable et utilisable en classe, et dont le processus de développement soit bien cadré, offrant une piste de réponse à la question de recherche Q1.

La valeur ajoutée perçue par l'enseignant de cette étude dans sa classe a été mise en lumière grâce à un entretien semi-structuré d'une quinzaine de minutes. D'abord, il a pris conscience de certaines difficultés de ses élèves, lui permettant d'adapter son enseignement de façon ciblée, en accord avec la recommandation de Béland et Marcoux (2016). Il a par exemple passé davantage de temps à traiter les concepts moins bien compris tels que la masse, le poids, l'accélération ou la force d'interaction gravitationnelle. Ensuite, l'enseignant a également été sensibilisé à l'influence de la formulation des questions (par exemple : l'utilisation de la négation) sur les réponses des élèves, lui permettant d'ajuster ses évaluations sommatives au cours de l'année scolaire. De plus, il a exprimé son intention d'utiliser de façon plus systématique des questionnaires à choix multiples (QCM) pour identifier rapidement certains concepts clés qu'il considérait comme acquis (et qui parfois ne l'étaient pas) par ses élèves, en complément de ses évaluations classiques. Concernant la perception de son rôle, l'enseignant a mentionné avoir adopté une posture de chercheur dans sa propre classe, portant un regard critique sur son enseignement et questionnant ses méthodes pédagogiques. Ainsi, les réflexions précédentes apportent des éléments de réponse à la question de recherche Q2, concernant l'impact de la collaboration enseignant-chercheur sur l'adaptation des évaluations et la perception du rôle de l'enseignant.

Discussion et conclusions

Dans notre étude, nous avons décrit la collaboration conduisant au développement d'un questionnaire ayant une bonne qualité psychométrique, ce qui est nécessaire par exemple pour utiliser le test à l'avenir à des fins de comparaisons entre différentes classes ou différentes institutions (Madsen et al., 2017). Il est utile de noter que l'analyse psychométrique n'est pas une méthode rigide, et peut impliquer une certaine appréciation et des compromis : même si un item se situe en dehors des valeurs recommandées, l'enseignant peut choisir de le maintenir en raison de son importance pédagogique. Concernant la

perception de son rôle, l'enseignant a adopté une attitude critique envers son propre enseignement, le plaçant ainsi dans le rôle d'un *reflective teacher* selon Liston et Zeichner (2013). Bien que l'importance de la réflexion critique chez les enseignants soit bien établie par la recherche, elle est encore loin d'être systématiquement observée dans la pratique enseignante (Saric et al., 2017). Enfin, le processus de développement des tests (voir Figure 1) a été amélioré grâce à la collaboration avec l'enseignant partenaire (par exemple, l'étape « reformulation et ajout de certains items » n'était pas initialement prévue et nous avons pris conscience de la nécessité de l'ajouter), et est désormais transposable à d'autres disciplines scientifiques. Il pourrait donc être utilisé pour développer et valider d'autres tests, et étudier la compréhension conceptuelle d'autres sujets chez les élèves (par exemple l'électricité, ou la sélection naturelle), ou encore des variables affectives telles que la curiosité ou l'intérêt pour une discipline. Enfin, nous sommes conscients d'une limitation majeure de ce projet collaboratif, à savoir le temps limité que les enseignants peuvent consacrer au développement d'un test et à la recherche dans leur classe.

Évolution du projet

Actuellement, deux autres projets collaboratifs sont en cours avec des enseignants du secondaire : l'un porte sur la perception de l'apprentissage de la physique chez les élèves ; l'autre sur la compréhension de l'évolution et de la reproduction. À plus long-terme, notre objectif est de mettre en place une base de données en ligne de questionnaires prêts à l'emploi, accessibles aux enseignants selon leurs intérêts et objectifs pédagogiques.

Au-delà de ces résultats, nous suggérons qu'un tel projet collaboratif entre enseignants et chercheurs pourrait être intégré de manière plus systématique dans le cadre de la formation des enseignants. La capacité à mener des recherches directement en classe est essentielle, fournissant à l'enseignant un feedback continu sur la compréhension de ses élèves et sur son propre enseignement, et de manière plus générale contribuant à améliorer les pratiques d'enseignement.

Bibliographie

- Adams, W. K., & Wieman, C. E. (2011). Development and Validation of Instruments to Measure Learning of Expert-Like Thinking. *International Journal of Science Education*, 33(9), 1289-1312. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.512369>
- Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 952-978. <https://doi.org/10.1002/tea.10053>
- Bani-Salameh, H. N. (2016). How persistent are the misconceptions about force and motion held by college students? *Physics Education*, 52(1), 014003. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/52/1/014003>
- Barbera, J., Harshman, J., & Komperda, R. (2023). The Chemistry Instrument Review and Assessment Library (CHIRAL) : A New Resource for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*, 100(4), 1455-1459. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00762>

- Barniol, P., & Zavala, G. (2014). Test of understanding of vectors : A reliable multiple-choice vector concept test. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(1), 010121. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010121>
- Béland, S., & Marcoux, G. (2016). Regards sur l'évaluation diagnostique. *Mesure et évaluation en éducation*, 39(3), 1-5. <https://doi.org/10.7202/1040134ar>
- Coppens, N., Rebmann, G., & Munier, V. (2009). Suivre l'évolution des conceptions des élèves en mécanique : Développement et évaluation d'exercices informatisés. *Didaskalia*, 35(1), 37-58. <https://doi.org/10.4267/2042/31136>
- Desgagné, S., Bednarz, N., Lebus, P., Poirier, L., & Couture, C. (2001). L'approche collaborative de recherche en éducation: un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation*, 27(1), 33-64.
- De Vecchi, G. (1987). Utilisation des représentations enfantines en biologie et formation des maîtres. *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 3(1), 223-239. <https://doi.org/10.4267/2042/9190>
- Ding, L., & Beichner, R. (2009). Approaches to data analysis of multiple-choice questions. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(2), 020103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.020103>
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
- Jorion, N., Gane, B. D., James, K., Schroeder, L., DiBello, L. V., & Pellegrino, J. W. (2015). An Analytic Framework for Evaluating the Validity of Concept Inventory Claims. *Journal of Engineering Education*, 104(4), 454-496. <https://doi.org/10.1002/jee.20104>
- Kavanagh, C., & Sneider, C. (2006). Learning about Gravity I. Free Fall : A Guide for Teachers and Curriculum Developers. *Astronomy Education Review*, 5(2), 21-52. <https://doi.org/10.3847/AER2006018>
- Liston, D. P., & Zeichner, K. M. (2013). *Reflective Teaching : An Introduction* (2^e éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771136>
- Loye, N., & Lambert-Chan, J. (2016). Au coeur du développement d'une épreuve en mathématique dotée d'un potentiel diagnostique. *Mesure et évaluation en éducation*, 39(3), 29-57. <https://doi.org/10.7202/1040136ar>
- Madsen, A., McKagan, S., & Sayre, E. C. (2017). Resource Letter : RBAI-1: Research-based Assessment Instruments in Physics and Astronomy. *American Journal of Physics*, 85(4), 245-264. <https://doi.org/10.1119/1.4977416>
- Miller, M. D., Linn, R. L., & Gronlund, N. E. (2009). *Measurement and assessment in teaching* (Tenth edition). Merrill/Pearson. <http://catdir.loc.gov/catdir/toc/ecip082/2007042418.html>
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN). (2019). *Programme de l'enseignement de physique-chimie de la classe de seconde générale et technologique*. <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special1/MENE1901634A.htm>
- Potvin, P., & Thouin, M. (2003). Étude qualitative d'évolutions conceptuelles en contexte d'explorations libres en physique-mécanique au secondaire. *Revue des sciences de l'éducation*, 29(3), 525-544. <https://doi.org/10.7202/011402ar>
- Raykov, T., & Marcoulides, G. A. (2011). *Introduction to psychometric theory*. Routledge.

- Rey, B. (2016). Est-il intéressant que l'évaluation des compétences scolaires soit « diagnostique » ? *Mesure et évaluation en éducation*, 39(3), 7-28.
<https://doi.org/10.7202/1040135ar>
- Saric, M., & Steh, B. (2017). Critical reflection in the professional development of teachers: Challenges and possibilities. *CEPS journal*, 7(3), 67-85.
- Schneeberger, P. (1997). Place du concept de représentation dans la formation des enseignants : Un exemple dans le domaine de la biologie. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 2(1), 263-282. <https://doi.org/10.3406/spira.1997.1653>
- Smith, M. K., Wood, W. B., & Knight, J. K. (2008). The Genetics Concept Assessment : A new concept inventory for gauging student understanding of genetics. *CBE Life Sciences Education*, 7(4), 422-430. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-08-0045>
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Trudel, L., Parent, C., & Auger, R. (2008). Développement et validation d'un test mesurant la compréhension des concepts cinématiques en physique au secondaire. *Mesure et évaluation en éducation*, 31(1), 93-120. <https://doi.org/10.7202/1025014ar>
- Turner, M., VanderHeide, K., Fynewever, H., & Shavelson, R. J. (2011). Motivations for and barriers to the implementation of diagnostic assessment practices—A case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 142-157.
<https://doi.org/10.1039/C1RP90019F>

Aménager un enseignement codisciplinaire pour entrer dans la complexité de l'anthropocène. Le cas du cycle du carbone au collège

Marie Sudriès^{1,2}

1 : Université de Genève (UNIGE)

2 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation (LIRDEF) Université de Montpellier et Université Paul-Valéry Montpellier 3

Résumé

Cette proposition interroge les configurations possibles d'un enseignement codisciplinaire du modèle de la réaction chimique au début du secondaire, au service de l'étude d'un problème environnemental en classe de chimie : l'origine anthropique du réchauffement climatique. Nous mettons à l'étude deux études de cas, un en France en classe de 4ème (élèves de 13-14 ans), l'autre dans le canton de Genève en Suisse romande en classe de 11ème (élèves de 14-15 ans). La proposition d'une représentation du cycle du carbone faisant fonction de greffe (au sens de Schubauer-Leoni et Leutenegger, 2002), permet une évolution des systèmes didactiques observés vers l'aménagement d'un enseignement codisciplinaire de la chimie (au sens de Chevallard, 2004). En nous plaçant dans le cadre du modèle de l'action didactique conjointe, nous décrivons ces évolutions par l'étude de la relation contrat-milieu.

Mots-Clés : Réaction chimique ; Cycle du carbone ; Codisciplinarité ; Anthropocène ; Complexité

Aménager un enseignement codisciplinaire pour entrer de l'anthropocène. Le cas du cycle du carbone au collège

Introduction

Sous l'influence des prescriptions des instances internationales, l'École se doit de traiter les problèmes environnementaux (UNESCO, 2002, 2016, 2021). Par cette expression, nous désignons les conséquences négatives des activités anthropiques sur l'environnement dans lequel évolue l'être humain¹. Face à ces injonctions, l'enseignement scientifique tente de concilier instruction des futur·e·s scientifiques et éducation des citoyen·ne·s. Ainsi, au début des années deux mille, des objets de savoirs inédits intègrent les curricula français : les « éducations à » (EA), en particulier l'Éducation au développement durable (EDD) (Girault et Sauvé, 2008). Martinand (2016) questionne les conditions d'enseignement d'une EDD considérée comme « pluridisciplinaire » (Martinand, 2008), « non disciplinaire » (Lange et Victor, 2006, p. 4) ou encore « adisciplinaires » (Lange et Barthes, 2021, p. 135), dans le contexte d'un enseignement scolaire structuré par les disciplines. Il souligne en particulier le caractère complexe (au sens de Morin, 1982) des problèmes environnementaux, c'est-à-dire qu'ils se construisent dans l'entremêlement de différentes perspectives disciplinaires. Selon lui, le traitement de cette complexité demande le croisement des approches scientifique, sociale, économique, technique, culturelle, politique, etc., aux épistémologies distinctes.

Dans ce contexte, nous proposons une approche codisciplinaire pour traiter les problèmes environnementaux qui adopte une entrée par les savoirs scientifiques, en particulier ceux de la chimie au secondaire I. Les savoirs de cette discipline, en particulier la réaction chimique, sont utiles pour modéliser les activités humaines contribuant au réchauffement climatique. Dans cette communication, nous étudions la transposition didactique interne (Chevallard, 1991) du modèle de la réaction chimique et ses possibles aménagements vers la compréhension d'un problème environnemental : l'origine anthropique du réchauffement climatique, selon une double approche didactique de la chimie-didactique comparée. Nous présenterons des éléments de cadrage théorique utiles à la formulation de nos questions de recherche dans une première partie, puis nous décrirons la méthodologie de notre étude, enfin nous terminerons avec l'exposé de nos premiers résultats.

Une double approche didactique comparée-didactique de la chimie

Une étude ascendante de la transposition didactique

Le modèle de l'action didactique conjointe (Schubauer-Leoni et al., 2007; Schubauer-Leoni et Leutenegger, 2005) développé dans le cadre des recherches en didactique comparée

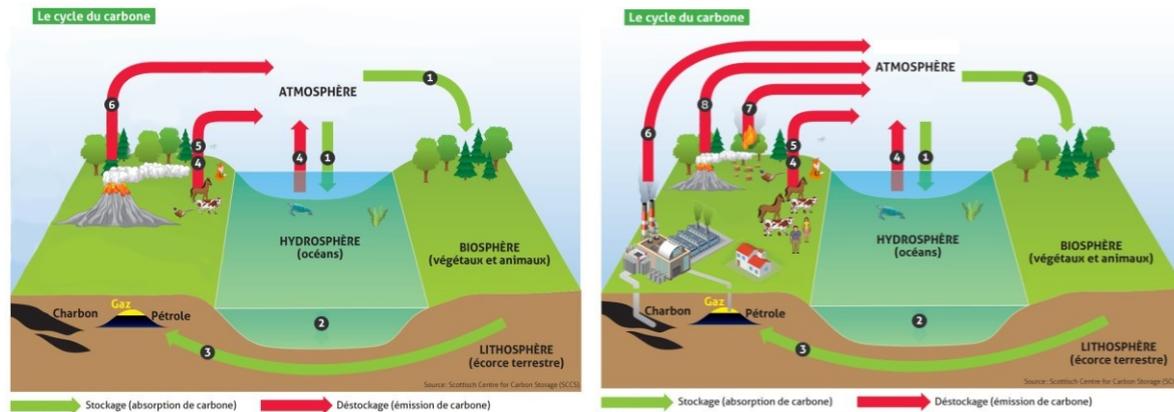
¹ Nous utilisons ici le sens institutionnel du terme « environnement » (Ministère de l'Éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2004)

(Ligozat et Leutenegger, 2023; Mercier et al., 2002; Schubauer-Leoni et Leutenegger, 2003, 2005) permet d'étudier la dynamique des savoirs qui s'enseignent et s'apprennent. Ces auteur·e·s se placent dans une approche pragmatiste et réalisent une étude ascendante de la transposition didactique. Il s'agit de comprendre le fonctionnement des systèmes didactiques, notamment via l'étude de la co-construction de la référence dans la classe par les sujets. Pour cela, le modèle de l'action didactique conjointe propose d'étudier la relation milieu-contrat didactique à travers l'utilisation du triplet mésogenèse, topogenèse, chronogenèse sur des extraits d'observations en classe jugés comme significatifs de l'action des sujets (Schubauer-Leoni et Leutenegger, 2002).

D'un point de vue méthodologique, la didactique comparée s'intéresse aux pratiques ordinaires d'enseignement, c'est-à-dire les pratiques qui se développent en dehors de toute intervention didactique. Toutefois, cette approche peut demander l'utilisation de certains leviers pour faire émerger les logiques qui sous-tendent les pratiques, parmi lesquels, la proposition d'une « greffe » (au sens de Schubauer-Leoni et Leutenegger, 2002). Une greffe est un objet étranger implanté dans le système didactique, qui bouscule le fonctionnement des pratiques ordinaires. À l'image de la métaphore médicale, il s'agit d'étudier les conditions de son acceptation ou de son rejet.

Étudier un problème environnemental en classe de chimie : le potentiel codisciplinaire du cycle du carbone

Nous réalisons une étude comparée des contextes scolaires français et suisse-romand de secondaire I. Dans ce cadre, nous avons imaginé une greffe qui permette d'intégrer la compréhension d'un problème environnemental au cours de chimie du collège/cycle d'orientation. Le cycle du carbone, traditionnellement abordé dans le cadre des enseignements de biologie/Sciences de la vie et de la Terre (SVT), nous a semblé être un bon candidat, d'une part parce que c'est un objet complexe, d'autre part parce que son étude convoque le modèle de la réaction chimique, savoir central du curriculum de la discipline au début du secondaire. En effet, chaque flèche du cycle du carbone (Figure 1) peut être modélisée comme une réaction chimique impliquant l'élément carbone (photosynthèse, respirations végétale et animale, combustions, décomposition des matières organiques, etc.). La mise en œuvre de ces réactions par les sociétés industrielles provoque une augmentation significative de la production de gaz dioxyde de carbone dans le compartiment atmosphère, par rapport aux réactions qui consomment du dioxyde de carbone atmosphérique. La mise en relation de ce modèle avec celui de l'effet de serre permet donc de comprendre l'anthropocène. Ainsi, le cycle du carbone est un objet profondément ancré dans les savoirs dispensés dans le cadre du cours de chimie au secondaire I, mais à la fois suffisamment inconnu des enseignant·e·s de chimie (Sudriès et al., 2023) pour générer de nouvelles pratiques. Parce qu'il met en perspective savoirs de biologie, de géologie et de chimie, le cycle du carbone devrait permettre un enseignement codisciplinaire (Chevallard, 2004) en classe de chimie. Cette approche permet selon nous l'étude de la complexité dans le contexte de cloisonnement des disciplines scolaires.



- 1 **Photosynthèse**: les végétaux sur les continents et dans les océans absorbent du CO_2 . Le carbone participe à la fabrication des tissus végétaux (bois, feuilles, plancton) consommés ensuite par les animaux.
- 2 **Absorption du carbone par les océans**: les océans absorbent de grandes quantités de CO_2 . Par un processus chimique, celui-ci se dissout dans l'eau, puis entre dans la composition des coquilles et des squelettes d'organismes marins. Une fois morts, ces organismes marins se déposent sur le fond des océans et forment des couches de sédiments.
- 3 **Stockage du carbone dans la lithosphère**: à très long terme, les sédiments forment les roches calcaires. Sous certaines conditions, les restes d'organismes marins et de végétaux peuvent se transformer en combustibles fossiles tels que pétrole, gaz ou charbon.
- 4 **Respiration**: les organismes vivants respirent et rejettent du CO_2 dans l'atmosphère et l'hydrosphère*.
- 5 **Décomposition (et fermentation)**: les déchets végétaux et animaux se décomposent et libèrent du CO_2 et du méthane.
- 6 **Combustion**: l'utilisation des combustibles fossiles (chauffage, transport, industrie) rejette du CO_2 dans l'atmosphère.
- 7 **Déforestation**: la coupe massive d'arbres a un double effet. D'une part, brûler le bois émet du CO_2 , d'autre part, diminuer la surface végétale (la biomasse) réduit d'autant la capacité de photosynthèse.
- 8 **Volcanisme**: un volcan en éruption rejette du CO_2 et de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.

CO_2
Le dioxyde de carbone est un des principaux GES. Sources naturelles: respiration des êtres vivants, activité volcanique et feux de forêts. Sources anthropiques: combustion des énergies fossiles (production d'énergie, transports, industrie), agriculture et élevage intensifs, déforestation (combustion du bois).

Figure 1 : Comparaison des cycles du carbone sans la présence des sociétés industrielles (gauche) et avec la présence des sociétés industrielles (droite) (d'après Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin, 2010)

Questions de recherche

Dans notre double approche didactique de la chimie-didactique comparée de la transposition de la réaction chimique selon les perspectives d'instruction et d'éducation recommandées par les prescriptions officielles, nous nous interrogeons sur les possibles aménagements des systèmes didactiques confrontés à l'enseignement d'un objet étranger : le cycle du carbone. Nous nous demandons, en particulier : Comment l'enseignant·e de chimie utilise le cycle du carbone dans sa séquence sur la réaction chimique ? Pour répondre à quels enjeux didactiques ? Quelle place est alors laissée aux élèves ?

Dans cette communication, nous montrerons en particulier les éléments d'articulation du contrat didactique avec le milieu, en tant qu'indicateur du fonctionnement du système didactique.

Méthodologie de l'étude

Méthodologie de recueil des données

Les données sont constituées de quatre études de cas, deux dans l'académie de Montpellier (France), deux dans le canton de Genève (Suisse). Le recueil de données s'organise en deux phases, au cours de deux années consécutives. La première année (phase 1) est consacrée à l'observation des pratiques ordinaires des enseignant·e·s de chimie à propos de la transformation chimique². La seconde année (phase 2), nous proposons aux mêmes enseignant·e·s d'intégrer à leurs séquences une représentation du cycle du carbone. Nous les laissons libres d'insérer cette proposition comme elle et ils le souhaitent et nous tenons à leur disposition pour des séances de préparation en amont de la séquence. Tou·te·s nous solliciteront pour une telle séance *in fine*. Ces entretiens, comme les séances d'observations en classe font l'objet d'enregistrement vidéo et audio. Des entretiens d'explicitation de type semi-directifs sont également menés avant et après chaque séquence avec l'enseignant·e mais aussi quelques élèves (après) afin de nous aider à interpréter les observations en classe.

Méthodologie d'analyse des données

À l'instar de Tiberghien et Malkoun (2007) ; Ligozat (2008) ; Tiberghien et Sensevy (2012) ; Marty (2019), nous considérons trois échelles d'analyse :

- macroscopique au niveau de la séquence dans son intégralité,
- mésoscopique au niveau d'un épisode,
- microscopique au niveau d'un tour de parole.

D'un point de vue pratique, en suivant une approche clinique/expérimentale du didactique ordinaire (Schubauer-Leoni et Leutenegger, 2002) nous réalisons des synopsis de séquence, et de séances (Figure 2) pour chaque enseignant·e observée, à partir des transcriptions des données vidéo. Le découpage selon les différents enjeux et sous-enjeux déterminés par l'enseignant·e·s sont un moyen de reconstruire la logique des pratiques et d'identifier les extraits significatifs de la construction des objets de savoirs étudiés, dans la situation (Marty, 2019). Ces enjeux sont reconstruits par la chercheuse à partir de ce qu'elle identifie des visées et des attentes de l'enseignant·e vis-à-vis des objets de savoir. Les enjeux permettent de définir l'orientation globale de l'action telle que pensée par l'enseignant·e.

² Le chapitre auquel nous faisons référence concerne les transformations de la matière, modélisées comme des réactions chimiques. Pour une étude épistémologique de la modélisation en chimie, voir Kermen (2018).

Classe de Nino - 11 ^{ème} LS - séance du 10 juin 2022 Chapitre Matière et transformations : séance 3			
Enjeux de niveau N (visées de l'ENS qui oriente l'action globalement)	Enjeux ou tâches de niveau N-1	Phases de l'action (étapes ou organisation pour atteindre l'enjeu)	Micro-Evénements liés aux objets (significations émergentes du côté de ENS ou Els)
Etudes de combustions en jeu dans le cycle du carbone : écriture de l'équation de réaction et lien avec les questions environnementales N5 [1h07min20]	Introduction N51 [02 :08 à 12 :30/ TdP 1 à]	Présentation des objectifs de la séance N51a [02 :08 à 11 :35/ TdP 1]	Ens TdP1 : ça va être quelque chose de moins on va dire heu moins académique que d'habitude c'est à dire que heu j'vous demanderai de compléter deux ou trois choses de vos polycop mais pas grand chose d'accord l'objectif c'est clairement que heu (<i>remarque discipline</i>) l'objectif c'est que je vous montre certaines choses et puis qu'on en discute d'accord l'objectif maintenant c'est vraiment ça l'idée c'est notre dernier cours j'aimerais que vous ayez du plaisir puis j'aimerais que vous gardiez quelque chose du cours
		Rappel sur les réactions de combustion et conservation de la masse N51b [11 :35 à 12 :30 / TdP 1]	Ens TdP1 : la dernière fois en fait on a parlé des combustions d'accord j'vous rappelle juste une combustion c'est un combustible avec de l'oxygène d'accord ; la combustion du du fer vous vous souvenez avec l'augmentation de la masse / d'accord donc en réalité la matière elle est conservée ça c'est important c'est vraiment le le le le j'ai envie de vous dire le hum l'essence même c'est qu'y a rien qui s'perd rien qui s'créé d'accord ; clair pour vous
	Etude du modèle du cycle du carbone : introduction des questions environnementales liées aux activités humaines N52 [12 :30 à 18 :00/ TdP 1 à 56]	Présentation du cycle du carbone N52a [12 :30 à 13 :52/ TdP 1 à 17]	Ens TdP1 : aujourd'hui j'aimerais vous montrer d'autres combustions mais j'aimerais le faire en fait il faut juste que je garde mes feuilles avec moi // voilà j'aimerais le faire / en partant d'un petit d'un petit schéma que vous connaissez peut-être vous me dites si ça vous rappelle quelque chose Els : la géographie El-Ma : les énergies El-Jo : les énergies fossiles renouvelables et non-renouvelables
		Interprétation macroscopique des flèches du cycles N52b [13 :52 à 15 :30/ TdP 18 à 35]	Ens TdP18 : qu'est-ce qu'elles vous inspirent ces flèches en fait la flèche rouge elle correspond à quoi ; la verte elle correspond à quoi ; si on regarde comme ça rapidement ou la bleue El-Jo TdP19 : la rouge c'est le gaz carbonique Els TdP20 : la rouge ça produit du gaz carbonique Ens TdP23 : tout ce qui produit le gaz carbonique

Figure 2 : Exemple d'un synopsis de séance chez Nino, Phase 2 séance 3 (extrait)

La présente communication porte sur l'étude des synopsis aux échelles mésoscopique et microscopique. À l'échelle méso, il s'agit d'observer l'évolution de la structure de la séquence entre les phases 1 et 2 afin de repérer les aménagements du contrat didactique provoqués par l'insertion du cycle du carbone. À l'échelle micro, nous réalisons l'analyse d'événements significatifs des actions des sujets du système à l'aide du triplet de genèses. En particulier, l'étude de la mésogénèse doit nous donner des indices quant aux aménagements du milieu, quand la topogénèse nous renseigne sur le partage des responsabilités entre l'enseignant et les élèves. Nous présentons deux études de cas contrastés, Nino et Gauthier, enseignant respectivement en classe de 11^{ème} (élèves de 14-15 ans) et de 4^{ème} (élèves de 13-14 ans).

Résultats : vers un enseignement codisciplinaire de la réaction chimique au service de la complexité

Le cas de Nino : insertion de la codisciplinarité avec le cycle du carbone

Nino enseigne depuis plus de 15 ans dans un établissement de l'agglomération de Genève. L'observation de la mise en œuvre de sa séquence intégrant le cycle du carbone en phase 2 montre l'apparition d'enjeux relatifs à la compréhension de l'origine anthropique du réchauffement climatique, totalement absents en phase 1. Cette étude vient s'insérer en fin de séquence, après deux séances de présentation du modèle de la réaction chimique. Nous observons alors deux fonctions du modèle au cours de la séquence : dans un premier temps la réaction chimique permet d'interpréter un phénomène observé expérimentalement, dans un second temps elle est mise au service de la compréhension du rôle des activités humaines dans le déséquilibre du cycle du carbone, en relation avec les savoirs de biologie et de

géologie. L'analyse microscopique, en cours au moment où nous rédigeons cette proposition, devrait apporter des précisions quant à l'élaboration d'un milieu favorable à l'étude de l'anthropocène dans cette classe de chimie, en particulier de la place accordée aux élèves dans ce processus.

Le cas de Gauthier : renforcement de la codisciplinarité avec le cycle du carbone

Gauthier enseigne depuis 4 ans dans un collège de campagne de l'académie de Montpellier, qu'il juge comme « difficile » du point de vue du milieu socio-économique des élèves.

Si le thème de l'environnement est déjà présent dans la séquence de Gauthier avant notre proposition sous la forme d'un chapitre « bilan » des savoirs de chimie et de physique enseignés au cours du premier trimestre, l'étude à l'échelle mésoscopique montre plutôt son rôle de contextualisation pour l'étude de savoirs disciplinaires. Les références aux cours de SVT sont implicites et majoritairement à la charge des élèves. Avec le support du cycle du carbone en phase 2, le contexte devient objet d'étude, de sorte que Gauthier commence l'année avec deux chapitres à propos de l'environnement, introduisant la réaction chimique par la modélisation du cycle du carbone. L'analyse microscopique, en cours de réalisation, devrait apporter des indices du changement de contrat didactique en lien avec les évolutions du milieu entre les phases 1 et 2, issus des interactions entre les sujets et entre les sujets et les objets constituant le milieu.

Conclusion

La mise en perspective des cas de Nino et Gauthier met en évidence deux aménagements possibles de l'enseignement de la réaction chimique pour intégrer le cycle du carbone. Ces résultats montrent la pertinence de cet objet complexe pour l'adaptation des pratiques d'enseignement de la chimie vers l'étude d'un problème environnemental, les enjeux d'enseignement-apprentissages définis par ces deux enseignants changeants entre les phases 1 et 2 d'observations. Lors de la présentation orale, nous détailleront les éléments de notre analyse micro qui renforcent ces premiers constats du point de vue de la co-construction du milieu et du partage des responsabilités.

Aussi, ces résultats nous amènent à réfléchir à la définition de la codisciplinarité dans les pratiques d'enseignement-apprentissage et à réfléchir à l'élaboration d'un modèle générique de mise en œuvre de la codisciplinarité en classe issu de nos études de pratiques.

Bibliographie

- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné.* (2e éd.). La pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (2004). *Vers une didactique de la codisciplinarité. Notes sur une nouvelle épistémologie scolaire.* Yves
Chevallard.http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Vers_une_didactique_de_la_codisciplinarite.pdf
- Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin. (2010). *Géographie cycle 3.* <https://www.plandetudes.ch/group/shs-c3/geo>
- Girault, Y. et Sauvé, L. (2008). L'éducation scientifique, l'éducation à l'environnement et l'éducation pour le développement durable. *Aster*, (46), 7-30.

- Kermen, I. (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée*. Presses Universitaires de Rennes.
- Lange, J.-M. et Barthes, A. (2021). « Éducation à » et « Questions socialement vives » : éduquer en contexte d'anthropocène. *Carrefours de l'éducation*, 52(2), 133-147. <https://doi.org/10.3917/cdle.052.0125>
- Lange, J.-M. et Victor, P. (2006). Didactique curriculaire et « éducation à... la santé, l'environnement et au développement durable » : quelles questions, quels repères ? *Aster*, (28), 85-100. <https://doi.org/10.4267/2042/23954>
- Ligozat, F. (2008). *Un point de vue de didactique comparée sur la classe de mathématiques: étude de l'action conjointe du professeur et des élèves à propos de l'enseignement/apprentissage de la mesure des grandeurs dans des classes françaises et suisse romandes* [thèse de doctorat]. Université de Genève et Université d'Aix-Marseille.
- Ligozat, F. et Leutenegger, F. (2023). Didactique comparée. Un champ de recherche pour l'étude des systèmes didactiques. Dans F. Ligozat et F. Leutenegger (dir.), *L'exercice comparatiste en didactique. Outils et concepts pour l'étude des systèmes didactiques* (Presses Universitaires de Bordeaux).
- Martinand, J.-L. (2008). Environnement et interdisciplinarité: paradoxes dans le champ éducatif. *Natures Sciences et Sociétés*, 16(1), 1-2.
- Martinand, J.-L. (2016). Défis et problèmes de l'éducation populaire au développement durable. *Cahiers de l'action*, 1(47), 25-33.
- Marty, L. (2019). *Continuité de l'expérience d'apprentissage et transposition didactique des savoirs dans l'enseignement de la physique Comparaison internationale dans le cas des propriétés de la matière* [thèse de doctorat]. Université de Genève et Université de Toulouse Jean Jaurès.
- Mercier, A., Schubauer-Leoni, M.-L. et Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue française de pédagogie*, 141, 5-16.
- Ministère de l'Éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. (2004). *Instructions pédagogiques: Généralisation d'une éducation à l'environnement pour un développement durable (EEDD) - rentrée 2004* (n° N°2004-110). <https://www.education.gouv.fr/bo/2004/28/MENE0400752C.htm>
- Morin, E. (1982). *Science avec conscience*. Seuil.
- Schubauer-Leoni, M.-L. et Leutenegger, F. (2002). Expliquer et comprendre dans une approche clinique/expérimentale du didactique ordinaire. *Raisons éducatives*, 227-251.
- Schubauer-Leoni, M.-L. et Leutenegger, F. (2003). Didactique comparée: un champ de recherche émergent dans le courant d'expression français. Dans D. Groux et S. Pérez (dir.), *Dictionnaire d'éducation comparée* (p. 70-74). L'Harmattan.
- Schubauer-Leoni, M.-L. et Leutenegger, F. (2005). Une relecture des phénomènes transpositifs à la lumière de la didactique comparée. *Revue suisse de didactique comparée*, 27(3), 407-429.
- Schubauer-Leoni, M.-L., Leutenegger, F., Ligozat, F. et Fluckiger, A. (2007). Un modèle de l'action conjointe professeur-élève: les phénomènes didactiques qu'il peut/doit traiter. Dans G. Sensevy et A. Mercier (dir.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. (p. 51-91). Presses Universitaires de Rennes.
- Sudriès, M., Ligozat, F. et Cross, D. (2023). Les enjeux de l'enseignement-apprentissage

de la transformation chimique au secondaire I : regards croisés sur les prescriptions officielles et ressources formelles en Suisse romande et en France. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 45(1), 64-82. <https://doi.org/10.24452/sjer.45.1.6>

Tiberghien, A. et Malkoun, L. (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Education et didactique*, 1(1), 29-54.

Tiberghien, A. et Sensevy, G. (2012). The Nature of Video Studies in Science Education: Analysis of Teaching & Learning Processes. Dans D. Jorde et J. Dillon (dir.), *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective* (p. 141-179). Sense Publishers.

UNESCO. (2002). *L'Education relative à l'environnement: possibilités et contraintes*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000146295_fre

UNESCO. (2016). *Education 2030: Déclaration d'Incheon et Cadre d'action pour la mise en œuvre de l'Objectif de développement durable 4: Assurer à tous une éducation équitable, inclusive et de qualité et des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie* (n° UIS/2012/INS/10). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000220879>

UNESCO. (2021). *Berlin Declaration on Education for Sustainable Development*. <https://en.unesco.org/sites/default/files/esdfor2030-berlin-declaration-en.pdf>

Représenter et analyser la compréhension conceptuelle de la physique des nuages à l'aide de la théorie des graphes

Julien-Pooya Weihs*^{1,2} and Helge Drange^{1,2}

¹Université Bergen – Norvège

²Bjerknes Centre for Climate Research – Norvège

Résumé

Cette étude examine l'évolution de la compréhension conceptuelle de la physique des nuages chez des apprenants issus de divers milieux académiques, en utilisant une méthodologie issue de la théorie des graphes.

Nous qualifions et quantifions les changements qui se produisent tout au long du parcours d'un apprenant en physique des nuages, et créons une représentation de la structure de la discipline et de ses complexités conceptuelles inhérentes. Nos résultats décrivent le changement épistémologique dans la description du cycle de vie d'un nuage, de la physique du cycle de l'eau à la description détaillée des processus microphysiques, au fur et à mesure que les apprenants mûrissent dans leur compréhension de la discipline.

Nos résultats peuvent être utilisés par les enseignants pour adapter leur enseignement aux concepts experts identifiés, et par les étudiants pour anticiper les principales complexités dans le domaine au cours de leur processus d'apprentissage.

Mots-Clés: Physique des nuages, structures de graph, théorie des graphes, géoscience : compréhension conceptuelle.

Representing and analysing conceptual understanding of cloud physics using graph theory

Introduction

Clouds physics is a field investigating and describing the scientific processes governing the life cycle of a cloud (Stephens et al., 2019). Understanding cloud physics is of particular importance as clouds influence one of the main uncertainties in climate models (Hansen et al., 2023; Morrison et al., 2020; Pathak et al., 2020). Cloud physics education therefore represents a key aspect in atmospheric science education and, more widely, in geoscience education (Cervato et al., 2018). Recent academic efforts have addressed the difficulties encountered by learners in the discipline (Johnson, 1998; McNeal et al., 2019; Petters, 2021; Polito, 2010), and the struggle of learners with the concepts of vapor pressure, evaporation, and condensation in the formation of clouds (Gopal et al., 2004; Håland, 2010; Rappaport, 2009). Yet more is to be done to connect these with the conceptual structure of cloud physics.

The study of conceptual understanding typically focuses on difficulties for the learners (diSessa, 2014). Doing so, research on conceptual understanding has engaged with the nature of knowledge (Pines & West, 1986), the modalities and circumstances of its acquisition (Vosniadou, 1992; Wickman, 2012), or the fostering of deep understanding (Carver, 2005). In atmospheric science education research in particular, such work led to the creation of a tool assessing basic meteorological conceptual understanding (Davenport & French, 2019; Davenport et al., 2015) and new pedagogical strategies (Davenport, 2019; Persson, 2010).

Studies of conceptual understanding have resorted to various representations to depict the cognitive structures of learners, using amongst others concept maps (Cimolino et al., 2004; Cutrer et al., 2011; Jonassen et al., 2005; Kapuza, 2020; Koponen & Pehkonen, 2008; Novak & Cañas, 2006, 2008; Watson et al., 2016), conceptual frameworks (Dai et al., 2019), element maps (Wagner et al., 2020; Wagner & Priemer, 2023), causal maps (Giabbanelli et al., 2023), and cognitive maps (Özesmi & Özesmi, 2004). Using such structures has enabled to distinguish features characteristic of learner groups with different disciplinary experience. For instance, when constructing representations of problems or a disciplinary field, novices struggle distinguishing between surface and deep features, whereas experts emphasise relational and hierarchical features in denser structures (Koponen & Pehkonen, 2008; Sloutsky & Yaras, 2000; Thurn et al., 2020). Novices also use more procedural (task-specific) knowledge in their representations than experts (Kapuza, 2020).

All these representations share similarities with graph networks. Graphs are structures comprising a set of nodes, some of which are related via edges. Algebraically, a graph is represented by an adjacency matrix containing information about the connections from each element of a row to each element of a column: 0 if there is no connection, or $n > 0$ if there is a connection with weight n . Figure 1 presents an example of generic graph with maximum weight 1 and the adjacency matrix that represents it.

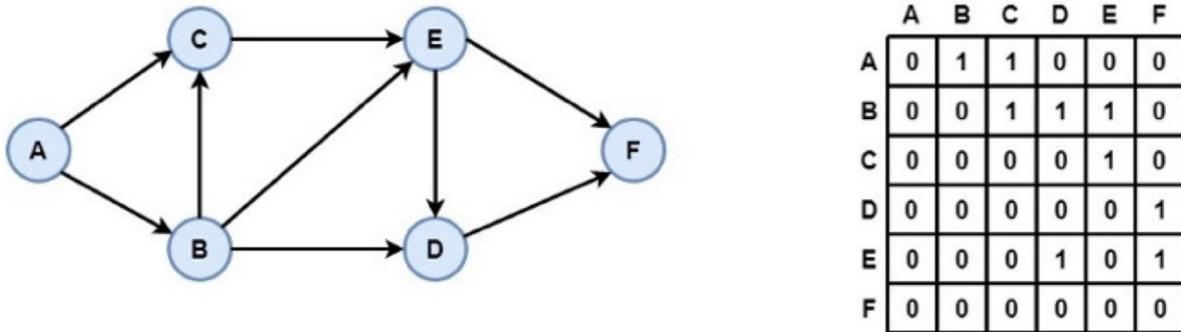


Figure 1: Digraph (left) and its equivalent adjacency matrix (right), from Soularidis (2021).

In this study, the nodes represent concepts from cloud physics and the directed edges represent physical-causal links between them. The edges bear numerical values corresponding to the amount of time they are expressed across a group of participants.

The use of graph networks in education is relatively new (Giabbanelli et al., 2023; Podschuweit & Bernholt, 2020; Selinski et al., 2014; Turkkila et al., 2022), offering new perspectives to educational research. In physics education research, the use of graph networks has enabled to quantify the differences between novices and experts by characterising and assessing the quality of written explanations (Wagner et al., 2020; Wagner & Priemer, 2023), comparing representations of the discipline (Koponen & Pehkonen, 2008), or analysing interactions during laboratory sessions (Kontro & Génois, 2020). Contributions on the application of graph metrics to educational sciences (Kapuza et al., 2020; Siew, 2020; Wang, 2022) have also motivated further research in this direction. To our knowledge however, no work has yet studied graphs to investigate the conceptual understanding of learners in cloud physics.

Our study therefore addresses the following research questions:

- 1) How can we represent the conceptual understanding of cloud physics using graph structures?
- 2) What can we learn from these representations using graph theory?

Materials & Methods

We collected concept maps from 117 participants from four different universities in Norway between 11/22 and 09/23. The participants were asked to describe the life-cycle of a cloud, using about ten minutes for the exercise. The instructions were to draw and label nodes representing scientific concepts, and connect them with unlabelled directed arrows wherever seemed appropriate. The information collected from the participants informed about their disciplinary field, academic level, and self-assessed experience with cloud physics. This experience was coded by the research team as *Novice*, *Adept*, *Proficient*, or *Expert*.

Out of the 117 participants, 44 come from the field of *Geology*; 24 from the field of *Meteorology*; 16 from the field of *Geophysics*; 16 from the field of *Physics*; 7 from the field of *Engineering*; and 5 from the field of *Biology*. A graphical description of the sample population is displayed in Figure 2.

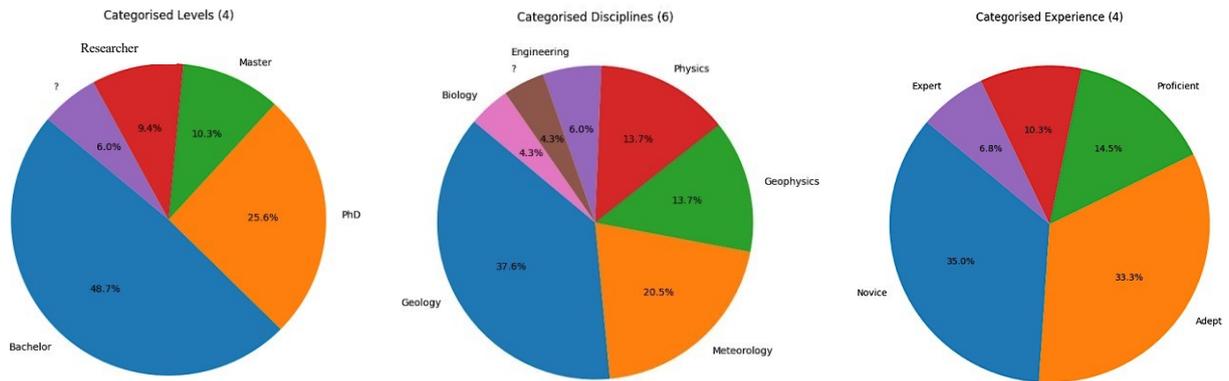


Figure 2: Description of the sample according to the academic level (left), disciplinary field (middle), and experience (right).

The data from the hand-drawn concept maps was coded according to thematic analysis. To do so, an iterative dictionary of codes was created, reaching thematic saturation at about 110 concepts, see Figure 3.

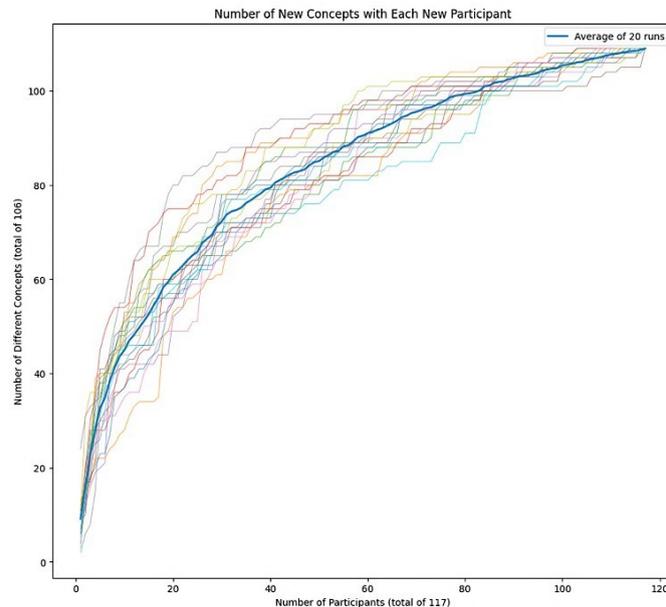


Figure 3: Saturation plot for thematic analysis on collected concepts, inspired by Özesmi and Özesmi (2004).

The concepts maps were then converted to graph structures through the creation of adjacency matrices. The full processing of concept maps into graph structures is visualised in Figure 4.

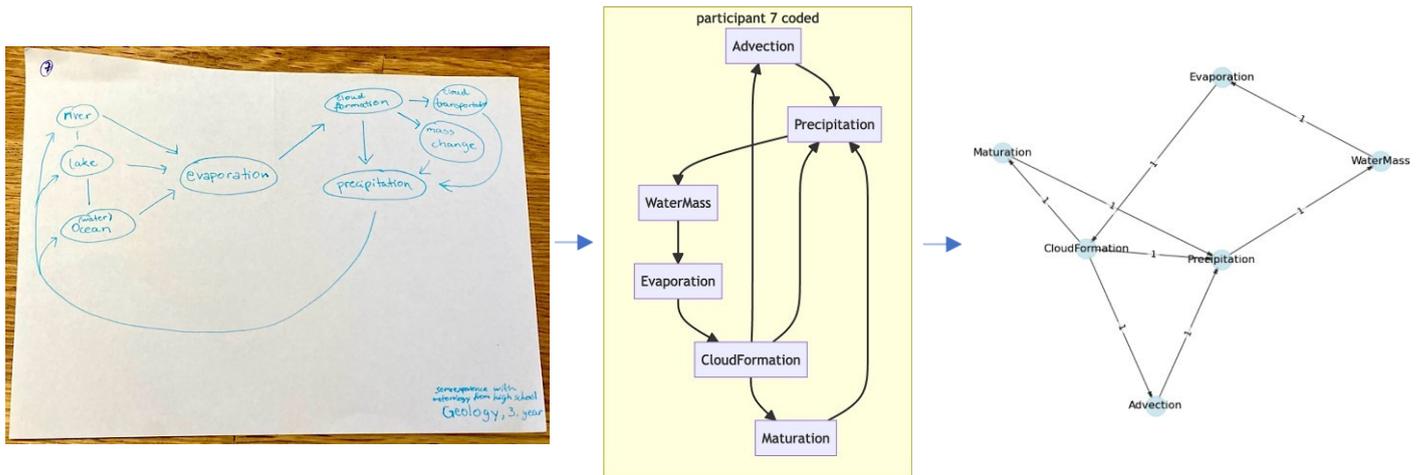


Figure 4: Preliminary data processing using thematic analysis: from hand-drawn raw data (left) to coded concept map (middle) to graph structure associated with adjacency matrix.

The metrics used in educational research to characterise graph structures can be split in two categories: graph-level metrics, relating to the shape and properties of the entire graph, and node-level metrics, relating to each node and quantifying their role within the graph through centrality scores (Giabbanelli et al., 2023; Podschuweit & Bernholt, 2020; Siew, 2020; Thurn et al., 2020; Wagner et al., 2020; Wang, 2022). Table 1 and Figure 5 present some of the graph-level metrics, and Figure 6 displays some of the node-level metrics used in this study.

Graph-level metric	Definition	On example graph
Number of nodes	n	10
Number of edges	e	13
Average degree	e/n	1.3
Density (existing edges amongst all possible edges)	$\frac{e}{n \times (n - 1)}$	0.14
Shortest path	$d(n_i, n_j)$	1 (for example $A \rightarrow C$)
Diameter (longest shortest path)	$\max(d(n_i, n_j))$	6 ($A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow I \rightarrow J$)
Intertwinement, from Wagner et al. (2020)	$\frac{\max(d(n_i, n_j))}{n}$	0.6
Average path length	$\frac{1}{n \times (n - 1)} \sum_{i \neq j} d(n_i, n_j)$	1.44
Number of cycles	$(n_1, n_2 \dots n_k, n_1)$	1 ($E \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow E$)
Average cycle length	Idem [average path length]	3.0

Table 1: Examples of graph-level metrics used in this study, associated with Figure 5.

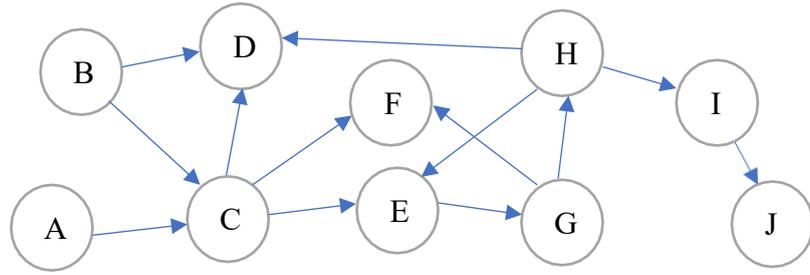


Figure 5: Generic graph associated with Table 1.

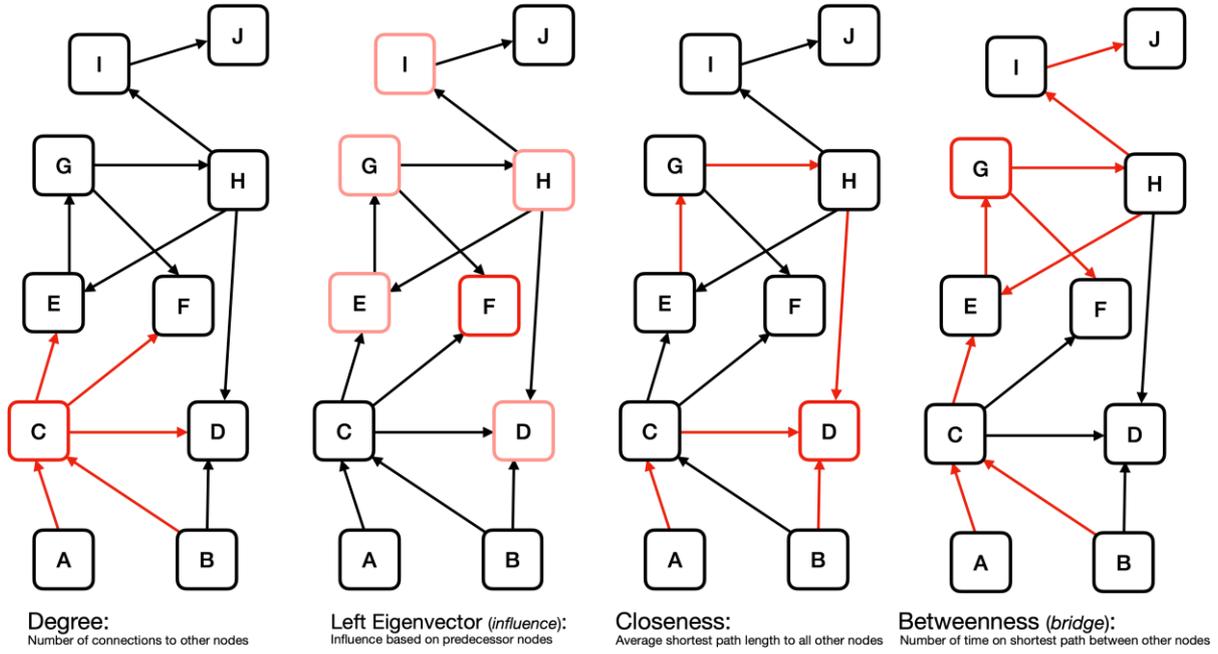


Figure 6: Examples of node-level centrality metrics used in this study, visualised on a generic graph.

The nodes with red contours are the highest scoring nodes, the red edges being relevant for the computation. The nodes with pink contours are the second-highest scoring one, when applicable.

For each participant, we computed graph-level metrics such as density, diameter, and intertwinement, following an approach by Wagner et al. (2020) and Wagner and Priemer (2023). We then created box-plots of the metrics according to the provided participants' information. Grouping the participants according to their cloud physics experience led to the largest variance of graph metrics, motivating clustering the data into *Novice*, *Adept*, *Proficient* and *Expert* groups, as can be seen on Figure 7.

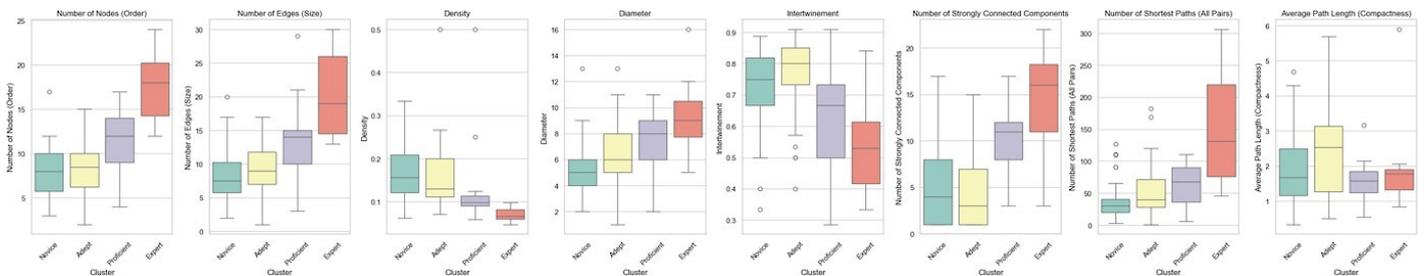


Figure 7: Box-plots of graph-level metrics for all participants grouped by level of cloud physics experience.

A further grouping of *Proficient* and *Expert* into a group called *Advanced* was also introduced. While *Novice* represents the group with no formal academic exposure to cloud physics, the comparison of the *Adept* and *Advanced* groups will allow to highlight the main changes induced by an increasing experience in the discipline.

Joint graphs are created by compiling information of all individual graphs belonging to a group, for instance characterised by their experience with cloud physics: the nodes and edges of the joint graph are the union of the nodes and edges of the individual graphs. The edges' weights on the joint graph count how many times they occurred in the individual graphs. The obtained graph structures are analysed using Python algorithms coded by the research team and imported from graph theory.

Results

The joint weighted graph of all the collected data presents a 'map of cloud physics' in Figure 8, reflecting the collective understanding of all the participants. This visualisation of the discipline reveals a chaotic structure of cloud physics, and one aim of our study is to reveal first-order patterns in this large mathematical object. Setting threshold values of the edges' weights reveals, for instance, substructures (in colour) that represent different degrees of consensus among the entire sampled population.

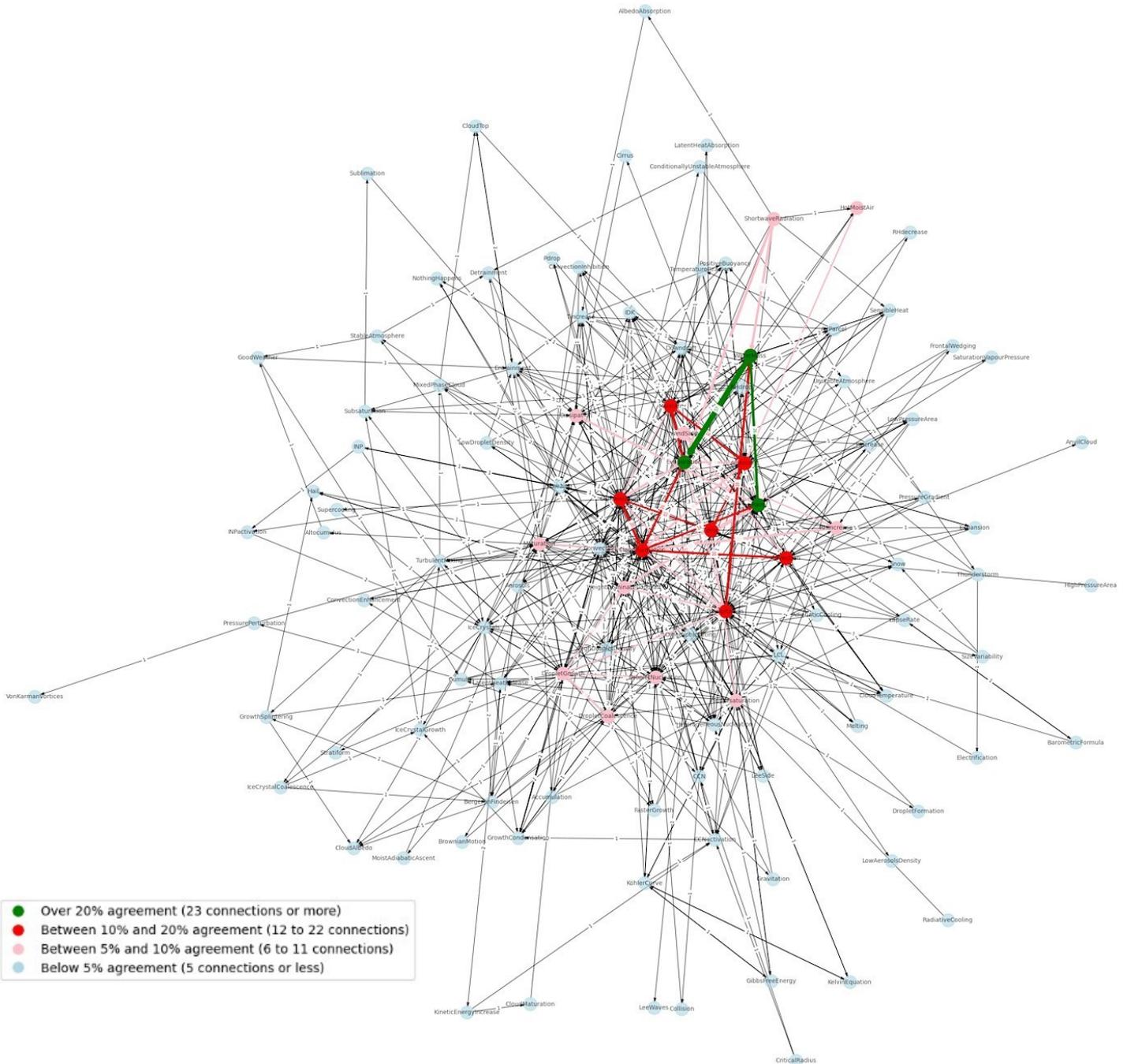


Figure 8: 'Map of cloud physics' representing the joint graph of all 117 participants, with consensus thresholds set at 5%, 10% and 20% of the participants on the edges.

Applying the same procedure for each group of cloud physics experience, we reveal layers of highest consensus correspond to the core knowledge of each group, and represent them using a hierarchical structure (Tatsuoka, 1986) that indicates the optimized way of construct their sub-graphs. For the *Advanced* group, the core knowledge sub-graph can directly be used to inform teaching and learning. The joint graph and core knowledge sub-graph of the *Advanced* group are presented in Figure 9 and Figure 10 respectively.

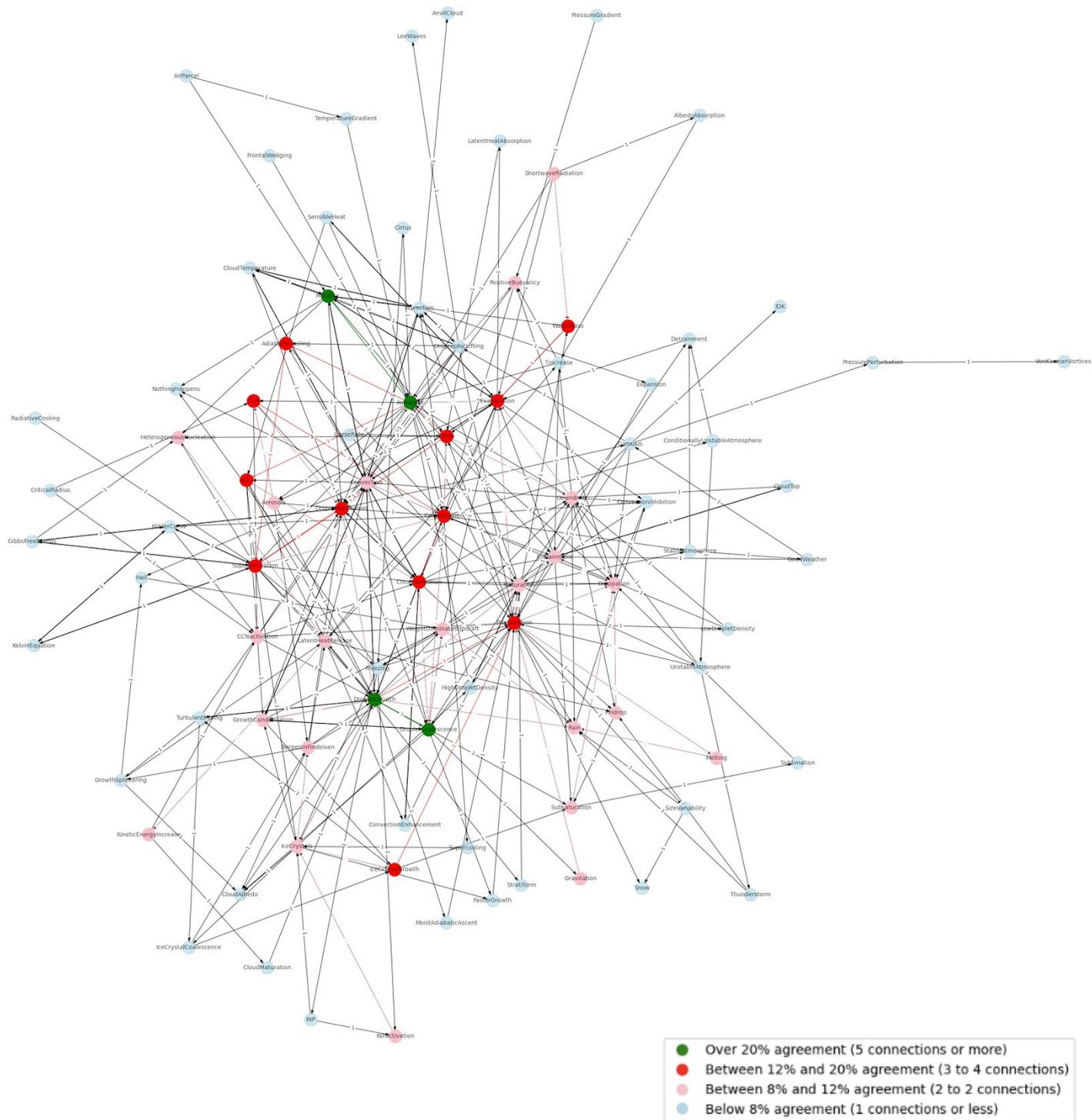


Figure 9: Joint graph of the Advanced group (25 participants), with consensus thresholds set at 8%, 12% and 20% of the participants.

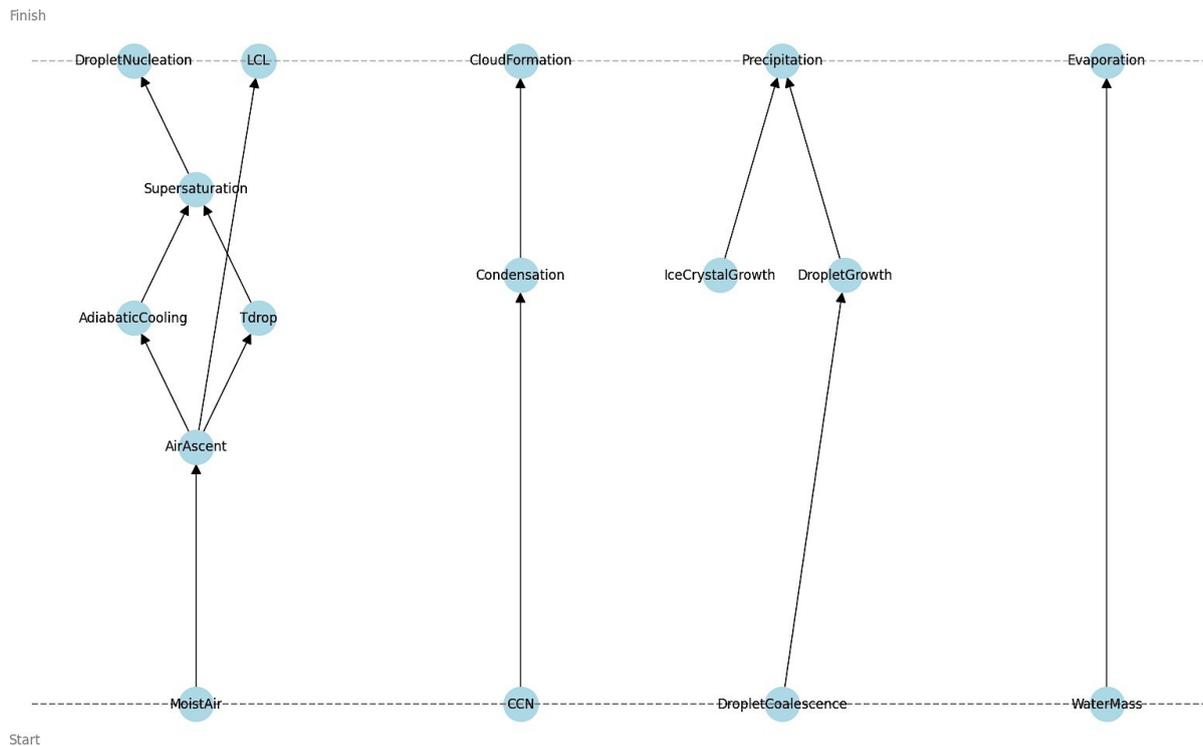


Figure 10: Hierarchical structure of the core knowledge of the Advanced group (25 participants). The four disjoint graphs correspond to subsets of the joint graph meeting at least 12% agreement on the edges, and represented by the green and red structures on Figure 9. The lines Start and Finish have been introduced for better readability and connect nodes with in-degree 0 to nodes with out-degree 0.

Right- and left-eigenvector and betweenness centralities are computed for each group. Comparison of these measures across groups informs about the evolution of the roles that nodes have in the graphs of learners as they gain more experience in the discipline. Figure 11 shows the evolution of the eigenvector centrality metrics from the *Adept* to the *Advanced* groups.

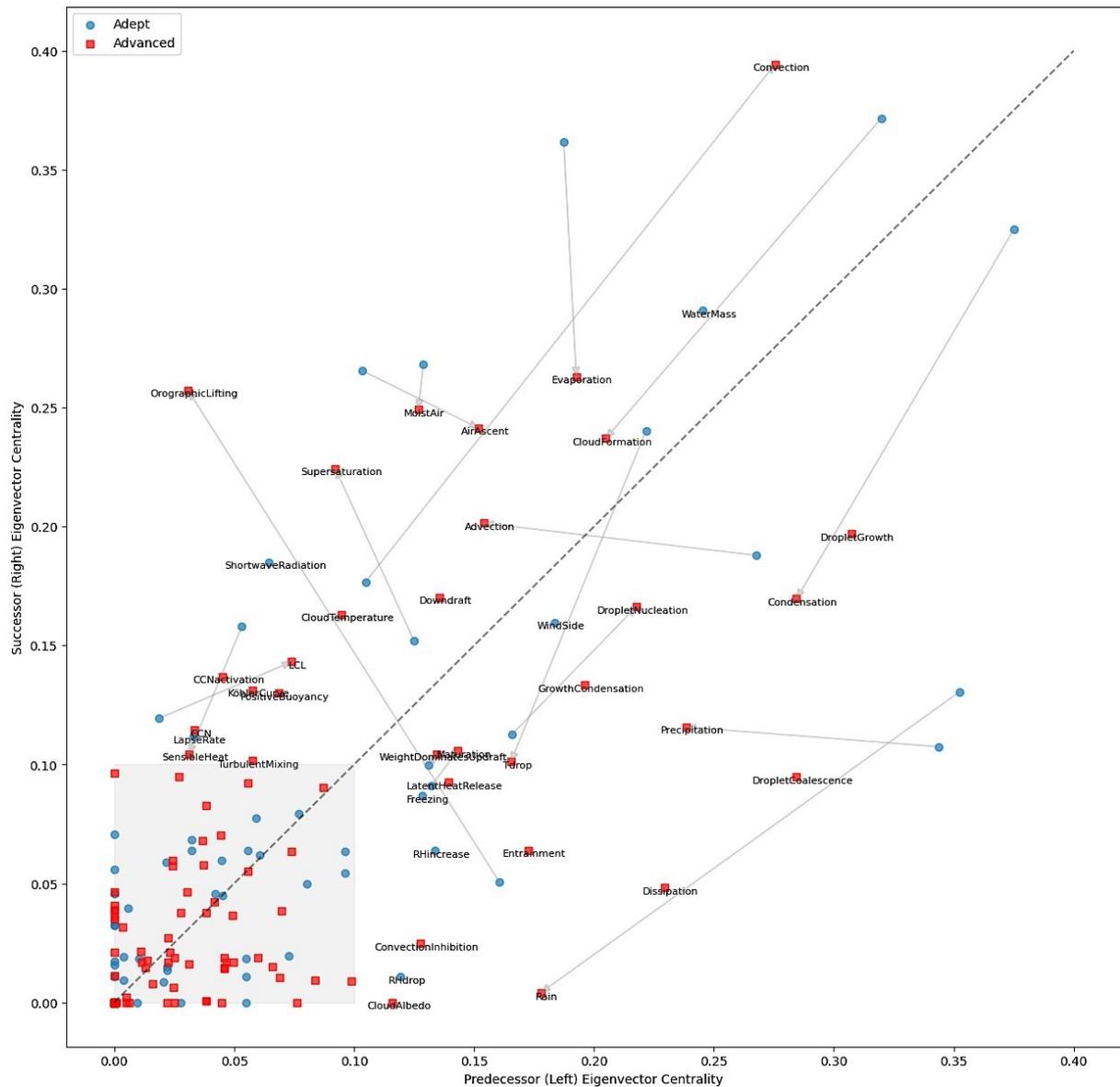


Figure 11: Comparison of eigenvector centralities from Adept (blue) to Advanced (red) groups. Only nodes with both Adept and Advanced values outside of the grey box are connected with arrows representing the gain in disciplinary experience.

A study of the rate of change of the betweenness centrality highlights the concepts becoming central for the flow of information, and thus important, in the conceptual understanding of these groups as their disciplinary experience increases. Such a procedure is presented on a heatmap in Figure 12.



Figure 12: Heatmap of the betweenness centrality change from the Adept to the Advanced group. The Novice column serves as a reference for a group with no formal academic exposure to cloud physics.

Discussion and Conclusions

Our ‘map of cloud physics’ (Figure 8) contains information about the collective understanding of a diverse community of learners, outlining the main beliefs about the structure of the discipline, but also containing misconceptions and alternative conceptions. Studying this representation however presents a novel way to look at the field and inspires a series of follow-up investigations to inform the disciplinary teaching and learning practices.

The joint graph of the *Advanced* group (Figure 9) has great value for the visualisation of the cloud discipline; compiling information from learners having had a least a few lectures on the topic, it can be considered mostly exempt of large errors, and serve as a standard towards which to steer more *Novice* and *Adept* learners. To what extent it is entirely accurate can be explored in several ways, among which feedback rounds by disciplinary experts.

The hierarchical graph of the *Advanced* group (Figure 10) reveals a three-part structure of cloud physics: 1) the atmospheric physics and thermodynamics, from an ascending mass of moist air to droplet nucleation; 2) the aerosol physics behind cloud formation; and 3) the mechanisms behind droplet growth and ice crystal nucleation during the maturation phase of the cloud. Such a result can be used as a recommendation to introduce the topic sequentially in a teaching and learning setting.

Computing the evolution of the eigenvector metrics (Figure 11), we show that the importance of specific disciplinary concepts such as *Droplet Growth* and *Convection* increases with experience in explanations of more advanced learners, whereas that of more general concepts such as *Water Mass* and *Condensation* decreases.

A study of the evolution of betweenness centrality (Figure 12) reveals that *Convection*, *Droplet Growth*, and *Maturation* also gain importance as bridges enabling the flow of information in the graphs of more experienced groups of learners. Reversely, an *Advanced* graph would be much less articulated around concepts such as *Cloud Formation*, *Water Mass*, or *Condensation* than an *Adept* graph.

Overall, our results both qualify and quantify the epistemological shift in the description of the life-cycle of a cloud, from the general physics of the water cycle (relying on concepts such as *Water Mass*, *Condensation*, or *Cloud Formation*) to detailed description of cloud microphysical processes (requiring an understanding of concepts such as *Droplet Growth*, *Heterogeneous Nucleation*, or *Adiabatic Cooling*) as learners mature in their understanding of the discipline.

Using concept maps as a proxy for conceptual understanding, and the theoretical framework of graph theory, differences in understanding of cloud physics in groups of varying experience have been quantified. We believe that the methodology developed within this study has the potential to be applied to other STEM disciplines, and could thus inform their teaching and learning practices. The visual representation of a discipline through a large and dense network could form a helpful tool for both teachers and learners. The applied methodology makes structures emerge from large graphs and reveals how a gain of disciplinary experience changes how learners navigate them.

References

- Carver, S. M. (2005). Assessing for Deep Understanding. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 205-221). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.014>
- Cervato, C., Charlevoix, D., Gold, A., & Kandel, H. (2018). Research on Students' Conceptual Understanding of Environmental, Oceanic, Atmospheric, and Climate Science Content. In K. St. John (Ed.), *Community Framework for Geoscience Education Research*. National Association of Geoscience Teachers. https://doi.org/10.25885/ger_framework/3
- Cimolino, L., Kay, J., & Miller, A. (2004). Concept mapping for eliciting verified personal ontologies. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, 14(3), 212-228. <https://doi.org/10.1504/ijceell.2004.004970>
- Cutrer, W. B., Castro, D., Roy, K. M., & Turner, T. L. (2011). Use of an expert concept map as an advance organizer to improve understanding of respiratory failure. *Medical Teacher*, 33(12), 1018-1026. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2010.531159>
- Dai, R., Fritchman, J. C., Liu, Q., Xiao, Y., Yu, H., & Bao, L. (2019). Assessment of student understanding on light interference. *Physical Review Physics Education Research*, 15, Article 020134. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020134>
- Davenport, C. E. (2019). Using Worked Examples to Improve Student Understanding of Atmospheric Dynamics. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(9), 1653-1664. <https://doi.org/10.1175/bams-d-18-0226.1>
- Davenport, C. E., & French, A. J. (2019). The Fundamentals in Meteorology Inventory: Validation of a tool assessing basic meteorological conceptual understanding. *Journal of Geoscience Education*, 68(2), 152-167. <https://doi.org/10.1080/10899995.2019.1629193>
- Davenport, C. E., Wohlwend, C. S., & Koehler, T. L. (2015). Motivation for and Development

- of a Standardized Introductory Meteorology Assessment Exam. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96(2), 305-312. <https://doi.org/https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00157.1>
- diSessa, A. A. (2014). A History of Conceptual Change Research: Threads and Fault Lines. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 88-108). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.007>
- Giabbanelli, P. J., Tawfik, A. A., & Wang, B. (2023). Designing the next generation of map assessment systems: Open questions and opportunities to automatically assess a student's knowledge as a map. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(1), 79-93. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2119449>
- Gopal, H., Kleinsmidt, J., Case, J., & Musonge, P. (2004). An investigation of tertiary students' understanding of evaporation, condensation and vapour pressure. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1597-1620. <https://doi.org/10.1080/09500690410001673829>
- Håland, B. (2010). Student teacher conceptions of matter and substances – evaporation and dew formation. *Nordic Studies in Science Education*, 6(2). <https://doi.org/10.5617/nordina.251>
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., & Simons, L. (2023). *Global Warming is Accelerating. Why? Will We Fly Blind?* <https://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2023/FlyingBlind.14September2023.pdf>
- Johnson, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20(6), 695-709. <https://doi.org/10.1080/0950069980200607>
- Jonassen, D., Strobel, J., & Gottdenker, J. (2005). Model building for conceptual change. *Interactive Learning Environments*, 13(1-2), 15-37. <https://doi.org/10.1080/10494820500173292>
- Kapuzza, A. (2020). How Concept Maps with and without a List of Concepts Differ: The Case of Statistics. *Education Sciences*, 10(91). <https://doi.org/10.3390/educsci10040091>
- Kapuzza, A., Koponen, I. T., & Tyumeneva, Y. (2020). The network approach to assess the structure of knowledge: Storage, distribution and retrieval as three measures in analysing concept maps. *British Journal of Educational Technology*, 0(0). <https://doi.org/10.1111/bjet.12938>
- Kontro, I., & Génois, M. (2020). Combining Surveys and Sensors to Explore Student Behaviour. *Education Sciences*, 10(68). <https://doi.org/10.3390/educsci10030068>
- Koponen, I. T., & Pehkonen, M. (2008). Physics Concepts and Laws as Networks-Structures: Comparisons of Structural Features in Experts' and Novices' Concept Maps. *Concept Mapping: Connecting Educators* Third International Conference on Concept Mapping, Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland.
- McNeal, P., Petcovic, H., Bals-Elsholz, T., & Ellis, T. (2019). Seeing Weather through Chaos: A Case Study of Disembedding Skills in Undergraduate Meteorology Students. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(6), 997-1010. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0015.1>
- Morrison, H., van Lier-Walqui, M., Fridlind, A. M., Grabowski, W. W., Harrington, J. Y., Hoose, C., Korolev, A., Kumjian, M. R., Milbrandt, J. A., Pawlowska, H., Posselt, D. J., Prat, O. P., Reimel, K. J., Shima, S. I., van Dierenhoven, B., & Xue, L. (2020). Confronting the Challenge of Modeling Cloud and Precipitation Microphysics. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(8), e2019MS001689. <https://doi.org/10.1029/2019MS001689>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. *Information visualization*, 5(3), 175-184.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them* (IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Issue.
- Özesmi, U., & Özesmi, S. L. (2004). Ecological models based on people's knowledge: a multi-

- step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecological Modelling*, 176, 43-64. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.10.027>
- Pathak, R., Sahany, S., & Mishra, S. K. (2020). Uncertainty quantification based cloud parameterization sensitivity analysis in the NCAR community atmosphere model. *Scientific reports*, 10, Article 17499. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74441-x>
- Persson, A. (2010). Mathematics versus common sense: The problem of how to communicate dynamic meteorology. *Meteorological Applications*, 17(2), 236-242.
- Petters, M. (2021). Interactive Worksheets for Teaching Atmospheric Aerosols and Cloud Physics. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(3), E672-E680.
- Pines, A. L., & West, L. H. T. (1986). Conceptual Understanding and Science Learning: An Interpretation of Research within a Sources-of-knowledge Framework. *Science Education*, 70(5), 583-604. <https://doi.org/10.1002/sci.3730700510>
- Podschuweit, S., & Bernholt, S. (2020). Investigating Network Coherence to Assess Students' Conceptual Understanding of Energy. *Education Sciences*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/educsci10040103>
- Polito, E. J. (2010). *Student conceptions of weather phenomena across multiple cognitive levels* [San Francisco State University]. <http://hdl.handle.net/10211.3/119128>
- Rappaport, E. D. (2009). What Undergraduates Think About Clouds and Fog. *Journal of Geoscience Education*, 57(2), 145-151. <https://doi.org/10.5408/1.3544249>
- Selinski, N. E., Rasmussen, C., Wawro, M., & Zandieh, M. (2014). A method for using adjacency matrices to analyze the connections students make within and between concepts: The case of linear algebra. *Journal for Research in Mathematics Education*, 45(5), 550-583.
- Siew, C. S. Q. (2020). Applications of Network Science to Education Research: Quantifying Knowledge and the Development of Expertise through Network Analysis. *Education Sciences*, 10(101). <https://doi.org/10.3390/educsci10040101>
- Sloutsky, V. M., & Yaras, A. S. (2000). Problem Representation in Experts and Novices: Part 2. Underlying Processing Mechanisms. Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Mahwah, New Jersey, USA.
- Soularidis, A. (2021). *Graph Data Structure — Theory and Python Implementation*. <https://python.plainenglish.io/graph-data-structure-theory-and-python-implementation-ee8c9795eae7>
- Stephens, G. L., Christensen, M., Andrews, T., Haywood, J., Malavelle, F. F., Suzuki, K., Jing, X., Lebsock, M., Li, J.-L. F., Takahashi, H., & Sy, O. (2019). Cloud physics from space. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 145, 2854-2875. <https://doi.org/10.1002/qj.3589>
- Tatsuoka, M. M. (1986). Graph theory and its applications in educational research: A review and integration. *Review of Educational Research*, 56(3), 291-329.
- Thurn, C. M., Hänger, B., & Kokkonen, T. (2020). Concept Mapping in Magnetism and Electrostatics: Core Concepts and Development over Time. *Education Sciences*, 10(129). <https://doi.org/10.3390/educsci10050129>
- Turkkila, M., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., & Juuti, K. (2022). New Materialist Network Approaches in Science Education: A Method to Construct Network Data from Video. *Frontline Learning Research*, 10(2), 22-44. <https://doi.org/10.14786/flr.v10i2.949>
- Vosniadou, S. (1992). Knowledge Acquisition and Conceptual Change. *Applied Psychology: an International Review*, 41(4), 347-357. <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.1992.tb00711.x>
- Wagner, S., Kok, K., & Priemer, B. (2020). Measuring Characteristics of Explanations with Element Maps. *Education Sciences*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/educsci10020036>
- Wagner, S., & Priemer, B. (2023). Assessing the quality of scientific explanations with networks. *International Journal of Science Education*, 45(8), 636-660. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2172326>
- Wang, B. (2022). *Computational Approaches to Construct and Assess Knowledge Maps for*

Student Learning (Publication Number miami1658186699766213) Miami University].
Oxford, Ohio, USA.
http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=miami1658186699766213

Watson, M. K., Pelkey, J., Noyes, C. R., & Rodgers, M. O. (2016). Assessing Conceptual Knowledge Using Three Concept Map Scoring Methods. *Journal of Engineering Education*, 105(1), 118-146. <https://doi.org/10.1002/jee.20111>

Wickman, P.-O. (2012). How can conceptual schemes change teaching? *Cultural Studies of Science Education*, 7(1), 129-136. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9393-3>

Développement professionnel d'enseignantes dans le cadre d'un dispositif collaboratif sur l'enseignement de la masse à partir d'albums jeunesse : place de la schématisation

Camille Antoine¹, Valérie Munier¹, Simon Modeste²

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Université de Montpellier

3 : Institut Montpelliérain Alexander Grothendieck, Université de Montpellier

Résumé

Cette recherche étudie le développement professionnel sur le plan didactique de professeures des écoles engagées dans un groupe de recherche collaborative. Ce groupe, formé en octobre 2022 et composé de cinq enseignantes et trois chercheurs·es, travaille à la co-construction d'une séquence d'enseignement sur la masse à partir de l'album *Un tout petit coup de main*. Pour cette communication, nous nous concentrons sur la place de la schématisation dans l'enseignement et l'apprentissage de la masse. Nos premiers résultats, basés sur l'analyse des discours des enseignantes pendant les réunions du groupe, montrent comment le regard qu'elles portent sur les dessins produits par leurs élèves évolue et comment la schématisation devient peu à peu un élément central et un enjeu pour elles dans la co-construction de la séquence d'enseignement.

Mots-Clés : Développement professionnel ; Schématisation ; Masse ; Recherche collaborative ; Albums jeunesse

Développement professionnel d'enseignantes dans le cadre d'un dispositif collaboratif sur l'enseignement de la masse à partir d'albums jeunesse : place de la schématisation

Contexte

L'enseignement des grandeurs et de la mesure est central à l'école primaire. La recherche montre la difficulté pour les enseignants d'investir les enjeux de cet enseignement (Munier & Passelaigue, 2012). De plus, nos travaux antérieurs (Antoine et al., 2023) pointent le potentiel didactique d'albums jeunesse pour l'enseignement des grandeurs et de la mesure. Partant de ces constats, nous faisons l'hypothèse que l'utilisation d'albums jeunesse, comme support à l'enseignement des grandeurs et de la mesure, pourrait être un levier pour le développement professionnel didactique des professeurs des écoles, notamment en révélant des enjeux d'apprentissage souvent « transparents ». Les travaux récents sur les dispositifs collaboratifs (Allard et al., 2022) nous ont amenés à mettre en place un groupe de recherche collaborative, constitué de trois chercheurs en didactique des sciences et de cinq enseignantes de Grande Section (GS), CP ou CE1, dont le but est de coconstruire et d'expérimenter en classe des séquences d'enseignement sur les grandeurs à partir d'albums jeunesse, selon un processus itératif qui s'étend sur plusieurs années.

Cadre théorique

Un dispositif de recherche collaborative

Nous entendons par *développement professionnel didactique* l'enrichissement des connaissances et des pratiques des enseignants sur un sujet d'enseignement spécifique. Ce développement est favorisé par une réflexivité sur les pratiques d'enseignement, posture elle-même favorisée par le collectif (Bednarz & Barry, 2010; Clot, 2007). Ainsi, notre dispositif de recherche s'inscrit dans le courant des recherches collaboratives (Bednarz, 2015). Il s'appuie sur les principes formalisés par Allard et al. (2022) :

- « co-construction d'une problématique commune » ;
- « appui sur les contextes d'enseignement et les pratiques des enseignants » ;
- « principe itératif de conception et de mise en œuvre de ressources sur un temps long » ;
- « principe de partage des tâches et des responsabilités pour rendre visible l'implication des différents acteurs. »

En nous appuyant sur les pratiques des enseignantes concernant les grandeurs et leurs usages des albums jeunesse en classe, nous faisons l'hypothèse que nous nous plaçons dans la « Zone Proximale de Développement Professionnel » des enseignantes (Rogalski & Robert, 2015). Les marges de manœuvre laissées aux enseignantes devraient leur permettre d'investir les enjeux d'enseignement liés aux grandeurs et à la mesure.

Masse et langage

La recherche montre l'importance de construire chez les élèves le sens d'une grandeur indépendamment de sa mesure (Passelaigue, 2011), à travers des activités de comparaison. Pour la masse, les élèves peuvent d'abord comparer les masses de deux objets A et B en soupesant, puis en utilisant une balance de Roberval. Trois états de la balance sont possibles : le plateau contenant A est « en haut » et celui contenant B est « en bas » ; le plateau de A est « en bas » et celui de B est « en haut » ; ou les deux plateaux sont au même niveau. Un des enjeux est de mettre en relation l'état de la balance avec l'information sur les masses des objets. Cet enjeu, souvent négligé dans les progressions, est essentiel pour la conceptualisation de la masse. Le langage peut y contribuer en permettant de distinguer la description de l'état de la balance et l'interprétation en termes de masse. Un autre enjeu réside dans le caractère symétrique de la balance (les deux plateaux ont le même rôle) et dans les formulations de comparaison équivalentes : « A est plus lourd que B » et « B est plus léger que A ».

Albums, modélisation et schématisation

Les albums de fiction réalistes (Soudani et al., 2015), parce qu'ils reposent sur les principes physiques qui régissent le monde réel, peuvent être sources d'un questionnement scientifique riche et se prêter à des activités de modélisation : reproduction de l'intrigue (Soudani & Héraud, 2012), activité de codage (Moulin & Decroix, 2022). Nos travaux antérieurs montrent que l'usage d'albums jeunesse en classe peut contribuer à la conceptualisation des grandeurs (Antoine et al., 2023), notamment grâce à l'absence de mesure dans le récit qui favorise un travail centré sur la grandeur, et à la dialectique texte-image qui permet d'engager un travail langagier.

Par ailleurs, dans les albums où la masse est en jeu, on trouve toujours la représentation d'un instrument de comparaison¹ (Antoine & Modeste, 2022), qui renseigne sur la différence des masses. Ces représentations varient d'un album à l'autre : dans *Un éléphant sur la balançoire*, la balançoire, très géométrique, est toujours représentée de profil alors que dans *Un tout petit coup de main*, le cadrage varie et le graphisme est plus détaillé (Figure 1). Ces deux représentations sont des dessins (au sens de Givry et Andreucci (2015)) mais la première est davantage simplifiée et plus proche d'un schéma que la seconde (le schéma étant vu ici comme un modèle permettant d'identifier les trois états de la balance).

En donnant à voir aux élèves une manière de représenter un objet technique proche d'une balance de Roberval et que l'on peut modéliser, les albums peuvent se prêter à des activités de schématisation d'expérimentations. Ces activités sont complexes. Par exemple, Laugier et Lefèvre (1993) ont montré que, sans mise en débat de « ce qu'il faut observer », les élèves observent avec leurs conceptions initiales et produisent parfois des schémas erronés.

¹ Contrairement à d'autres grandeurs directement perceptibles sur l'image, comme la longueur.

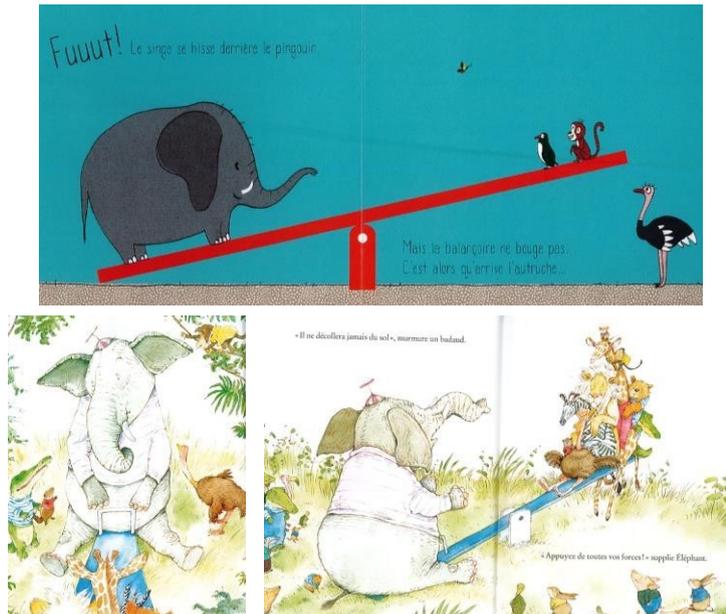


Figure 1 : extraits d'*Un éléphant sur la balançoire* puis d'*Un tout petit coup de main*

Problématique

Nous venons de pointer le potentiel didactique du recours à l'album pour enseigner les grandeurs et la mesure et de montrer qu'un dispositif de recherche collaborative peut contribuer au développement professionnel d'enseignantes. L'articulation entre ces deux dimensions nous amène à formuler les questions suivantes :

- Comment les connaissances des enseignantes sur l'enseignement des grandeurs et de la mesure évoluent-elles pendant la première année de recherche collaborative ?
- Quels premiers impacts peut-on identifier sur leurs pratiques ?

Pour cette communication, nous faisons un focus sur la question de la schématisation.

Éléments méthodologiques

Travail du groupe pendant la première année

Le groupe est constitué de cinq enseignantes volontaires (Célia, Coralie, Déborah, Victoire et Yaëlle) qui ne se connaissaient pas auparavant et ne connaissaient pas les chercheurs. Leurs expériences d'enseignement et leurs parcours professionnels sont variés. Trois d'entre elles interviennent en éducation prioritaire et bénéficient, à ce titre, de classes dédoublées (une douzaine d'élèves).

Développement professionnel d'enseignantes : place de la schématisation dans l'enseignement de la masse

Le thème « grandeurs et mesures » ainsi que l'usage des albums étaient des contraintes imposées dès le début du travail du groupe. Le choix de la masse (ainsi que de l'album support à la séquence, *Un tout petit coup de main*²) est venu des enseignantes, à partir des besoins identifiés pour leurs élèves et dans leurs pratiques (Figure 2). La trame d'une séquence a été coconstruite dans le cadre de réunions mensuelles puis déclinée par les enseignantes selon le niveau de leur classe et leurs habitudes. La figure 2 rend compte du déroulement des réunions du groupe et des séances mises en œuvre par les enseignantes.

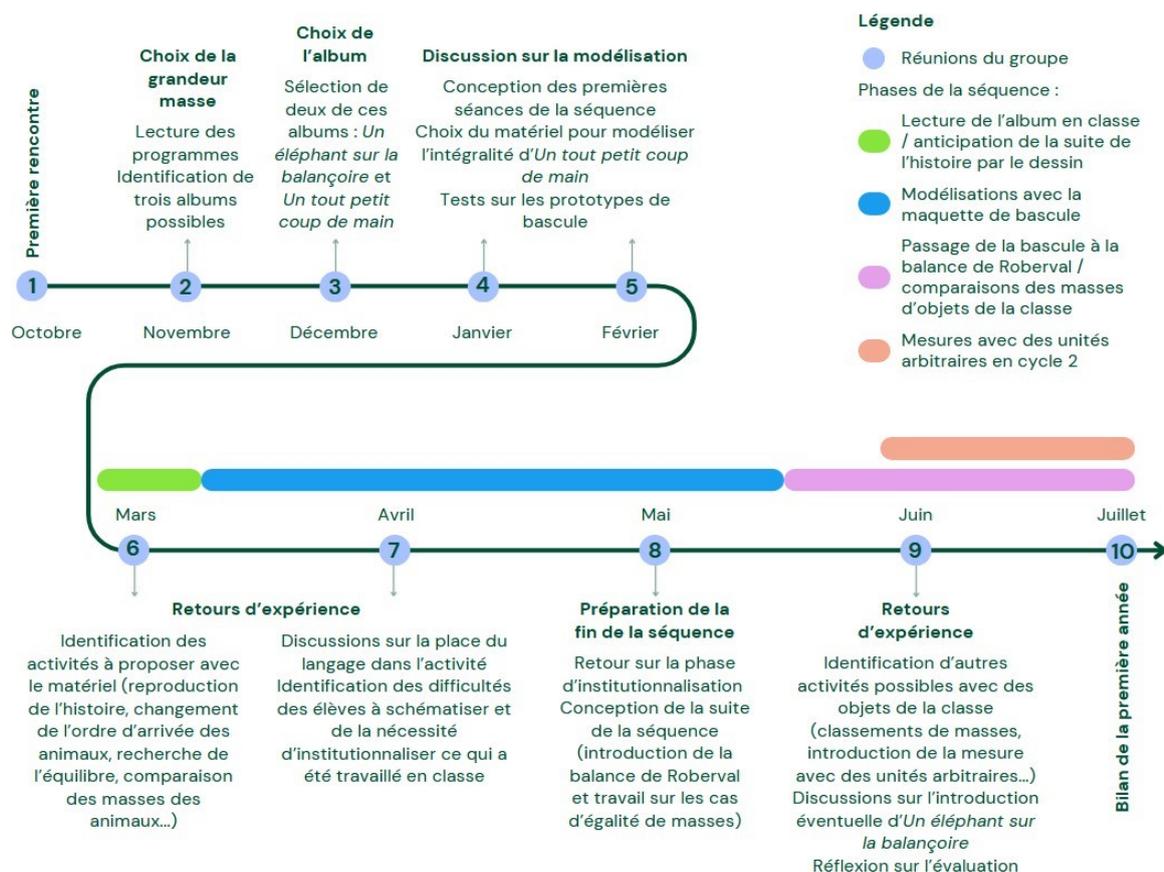


Figure 2 : résumé du travail du groupe à chaque séance, parallèle avec l'expérimentation de la séquence dans les classes

Analyse des données

Nos résultats s'appuient sur l'analyse des discussions, intégralement retranscrites, de chaque réunion du groupe. Nous utilisons le logiciel de transcription et d'analyse *Transana*, qui nous permet de coder les prises de paroles avec des mots clés, déterminés *a priori* grâce à

² Au départ, un éléphant et une souris veulent jouer à la balançoire à bascule mais la différence entre leurs masses les en empêche. Plusieurs animaux arrivent les uns après les autres pour aider la souris, en s'accumulant de son côté de la balançoire, en vain. C'est quand arrive le coléoptère que la balançoire bascule du côté de la souris.

Développement professionnel d'enseignantes : place de la schématisation dans l'enseignement de la masse

notre analyse didactique des types de contenus susceptibles d'être abordés au cours des réunions, comme la schématisation³. Pour chaque réunion, une cartographie des mots clés nous permet d'identifier les interventions portant sur la schématisation, celles-ci étant ensuite étudiées plus finement.

Résultats : évolution de la place de la schématisation

Nous résumons ici les moments clés identifiés par nos analyses et nous les détaillerons pendant notre communication, en appui sur des verbatims.

Au moment du choix de l'album, la représentation du dispositif dans l'image et les liens entre modélisation et schématisation sont mentionnés par les chercheurs. Néanmoins, les enseignantes ne s'emparent pas de ces questions, même si elles peuvent reconnaître qu'il s'agit d'une difficulté pour leurs élèves, et si certaines insistent pour que la maquette de la bascule ressemble à la balançoire de l'album.

Lors de la sixième réunion, le groupe discute des dessins produits par les élèves pour anticiper la suite de l'histoire. Les enseignantes perçoivent ces dessins comme des accès aux conceptions des élèves sur la masse et le fonctionnement de la bascule. Le recours au dessin leur paraît naturel ; la nécessité d'apprendre à représenter un dispositif qui permet de comparer des masses n'est pas questionnée.

Un changement dans le rapport des enseignantes au dessin et à la schématisation a lieu lors de la septième réunion. Yaëlle, enseignante en GS, rend compte de la « résistance » de ses élèves : même après plusieurs manipulations de la bascule, ils ont des difficultés à anticiper son état et font de nombreuses erreurs en la représentant. Elle prend l'exemple d'un élève en particulier, dont l'obstination l'a marquée :

« Avec son dessin, on est allés se confronter à la balance. [...] Il a posé l'éléphant, la souris, il a vu ce qu'il s'est passé et il en démordait pas que son dessin était bon et qu'il en changerait pas. Alors que son dessin montrait exactement l'inverse de ce que la balance était en train de lui prouver quoi. »

Elle justifie ensuite son désarroi en précisant sa perception du rôle de la schématisation dans l'activité de l'élève. Pour elle, le dessin est un moyen d'éviter les écueils liés à la verbalisation, souvent complexe pour les élèves :

« Le passage par le dessin [...], ça pouvait éviter d'avoir ce problème lié au vocabulaire. [...] Même s'ils sont pas capables de le verbaliser « ça penche de ce côté-là, c'est en haut, c'est lourd, c'est plus léger... », si le concept ils ont commencé à l'intégrer, le dessin devrait représenter réellement la réalité physique constatée au fil des manipulations. Là le dessin, il contredit aussi la réalité physique. ».

³ Les interventions sont d'abord codées en fonction du type de contenu (album, dispositif technique, grandeur, langage, masse, mesure, schématisation) puis, si possible, selon un « sous-contenu » (par exemple pour la schématisation : codage, décodage...).

Développement professionnel d'enseignantes : place de la schématisation dans l'enseignement de la masse

Le groupe questionne l'origine de cette « résistance » des élèves. Une première proposition émerge : s'assurer en premier lieu que les élèves sont capables de représenter ce qu'ils voient ; puis une seconde, à partir d'une discussion sur les procédures des élèves : proposer des schémas à compléter ou des éléments prédécoupés (pivot, planche, animaux) pour aider les élèves à passer du dessin « artistique » à une représentation schématique qui décrit l'état de la bascule. Un nouvel enjeu est identifié : celui pour l'élève d'être capable de reconnaître que deux schémas sont équivalents pour représenter une même situation (Figure 3).

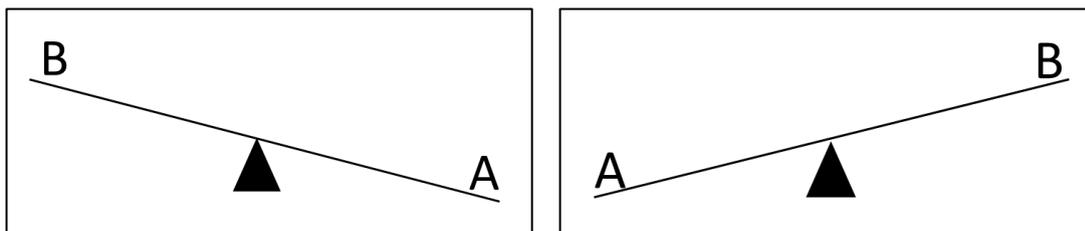


Figure 3 : deux schémas représentant une même situation

À la suite de cette réunion, la question de la schématisation est réinvestie par plusieurs enseignantes dans leurs pratiques. Par exemple, Victoire intègre la schématisation dans son évaluation de fin de séquence ; Coralie institutionnalise une convention pour représenter les situations modélisées : un pivot, un trait pour représenter la planche de la bascule et des lettres pour identifier les objets.

Conclusion

Nos analyses pointent une évolution du rapport à la schématisation des enseignantes engagées dans ce dispositif de recherche collaborative. En effet, au début de la séquence, elles utilisaient le dessin comme un moyen « naturel » de recueillir les conceptions des élèves avant de repérer que le passage à la représentation schématique d'une situation n'était pas évident pour tous. Une réflexion a donc été amorcée pendant la préparation de la fin de la séquence pour prendre en compte cet apprentissage particulier. Cette réflexion s'est étoffée au cours de la deuxième année : au moment de retravailler la structure globale de la séquence, les enseignantes ont déterminé trois axes pour les apprentissages des élèves ; la schématisation est l'un d'entre eux, ce qui indique qu'elles l'identifient comme un enjeu d'enseignement à part entière.

Dans leurs discours, et dans leurs intentions didactiques, la schématisation est donc devenue essentielle, ce qui montre que le dispositif de recherche collaborative contribue au développement professionnel didactique des enseignantes engagées. Ce ne sont d'ailleurs pas les seules traces de développement professionnel repérées par nos analyses. Par exemple, la question de l'évaluation des apprentissages des élèves était très peu abordée en première année mais a fait l'objet de plusieurs réunions au cours de la deuxième année.

Néanmoins, il nous reste à étudier l'évolution de leurs pratiques concernant l'enseignement de la masse, la recherche ayant établi que le lien entre connaissances et pratiques est loin d'être trivial. Il nous semble également essentiel de mettre ces premiers résultats, obtenus à l'issue de la première boucle de co-construction et d'expérimentation de la séquence, en regard d'un développement professionnel didactique sur un temps plus long en questionnant

Développement professionnel d'enseignantes : place de la schématisation dans l'enseignement de la masse

l'enrichissement de leurs connaissances et la transformation de leurs pratiques d'enseignement de la masse, voire d'une autre grandeur, sur le long terme. Puisque le dispositif de recherche est devenu un LéA (Lieu d'éducation Associé, dispositif de soutien aux recherches collaboratives porté par l'Institut français d'Éducation) depuis la rentrée 2023, nous espérons pouvoir suivre ces enseignantes sur plusieurs années consécutives afin de répondre à ces questions.

Bibliographie

- Allard, C., Horoks, J., & Pilet, J. (2022). Principes de travail collaboratif entre chercheur·e·s et enseignant·e·s : Le cas du LéA RMG. *Éducation et didactique*, 16-1, 49-66. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.9644>
- Antoine, C., & Modeste, S. (2022). *Albums de littérature jeunesse et mathématiques Quels potentiels pour l'enseignement et l'apprentissage des grandeurs et de la mesure ?* Telling Science, Drawing Science 3, Angoulême, France. <https://tsds2021.sciencesconf.org/405116/document>
- Antoine, C., Modeste, S., & Munier, V. (2023). Utiliser des albums jeunesse pour l'enseignement des grandeurs et de la mesure : Une expérimentation en classe de CP avec l'album La très grande princesse. *Grand N*, 111, 41-68.
- Bednarz, N. (2015). La recherche collaborative : Entretien réalisé par J.-L. Rinaudo et E. Roditi. *Carrefours de l'éducation*, n° 39(1), 171-184. <https://doi.org/10.3917/cdle.039.0171>
- Bednarz, N., & Barry, S. (2010). Recherches collaboratives en enseignement des mathématiques comme soutien au développement professionnel des enseignants. In *La formation et le développement professionnel des enseignants en sciences, technologie et mathématiques* (Presses de l'Université d'Ottawa, p. 225-254).
- Clot, Y. (2007). De l'analyse des pratiques au développement des métiers. *Éducation et didactique*, 1-1, 83-93. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.106>
- Givry, D., & Andreucci, C. (2015). Un schéma vaut-il mieux qu'un long discours ? : Effets de l'utilisation de deux types de registres sémiotiques sur la mobilisation des idées des élèves de seconde lors d'une évaluation sur les propriétés des gaz. *Éducation et didactique*, 9(1), 119-141. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2192>
- Laugier, A., & Lefèvre, R. (1993). Prévoir et observer le fait expérimental au cours moyen. *Aster*, 16(1), 143-169. <https://doi.org/10.4267/2042/8579>
- Moulin, M., & Decroix, A.-A. (2022). « Coder un album » pour modéliser en science. Telling Science, Drawing Science 3, Angoulême, France. <https://tsds2021.sciencesconf.org/378184/document>
- Munier, V., & Passelaigue, D. (2012). Réflexions sur l'articulation entre didactique et épistémologie dans le domaine des grandeurs et mesures dans l'enseignement primaire et secondaire. *Tréma*, 38, 106-147. <https://doi.org/10.4000/trema.2840>
- Passelaigue, D. (2011). *Grandeurs et mesures à l'école élémentaire : Des activités de comparaison à la construction des concepts, le cas de la masse en CE1* [Thèse de doctorat]. Université Montpellier 2.
- Rogalski, J., & Robert, A. (2015). De l'analyse de l'activité de l'enseignant à la formation des formateurs Le cas de l'enseignement des mathématiques dans le secondaire. In *Analyse du travail et formation dans les métiers de l'éducation*. De Boeck Supérieur.
- Soudani, M., & Héraud, J.-L. (2012). De la modélisation fictionnelle à la modélisation scientifique à travers la lecture problématisée de l'album Plouf ! *Repères*, 45, 225-244. <https://doi.org/10.4000/reperes.166>

Développement professionnel d'enseignantes : place de la schématisation dans l'enseignement de la masse

Soudani, M., Héraud, J.-L., Soudani-Bani, O., & Bruguière, C. (2015). Mondes possibles et fiction réaliste. Des albums de jeunesse pour modéliser en science à l'école primaire. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 135-160. <https://doi.org/10.4000/rdst.1013>

Comment aider l'apprenant à problématiser ?

Un cas d'étude : la nutrition des plantes vertes au cycle

3

François-Xavier Beuve¹

1 : Centre Interdisciplinaire de Recherche Normand en Education et Formation (UR 7454)
COMUE Normandie Université

Résumé

Cette communication, qui mobilise le cadre conceptuel de la problématisation, s'intéresse aux interactions de tutelle, et vise finalement à mieux comprendre de quelle(s) manière(s) l'enseignant peut aider l'apprenant à problématiser un objet de savoir scientifique. Afin de mettre au travail cette question de recherche, nous proposons de rendre compte de la mise en oeuvre d'un dispositif didactique, à l'école élémentaire, lors d'une séquence d'enseignement-apprentissage ayant trait à la nutrition végétale. Au travers de ce dispositif, nous souhaiterions notamment montrer l'intérêt d'interventions enseignantes devant permettre, dans un registre explicatif de type mécaniste simple, de faire construire à l'école élémentaire l'un des principes de nécessité de la photosynthèse.

Mots-Clés : Etayages ; Interactions didactiques ; Pédagogie ; Problématisation ; Productions langagières.

Comment aider l'apprenant à problématiser ?

Un cas d'étude : la nutrition des plantes vertes au cycle 3

Introduction

Cette communication s'inscrit dans le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation (Doussot et al., 2022 ; Fabre, 2005a, b ; Orange, 2005), cadre apportant une importance fondamentale à la construction du problème – dans les apprentissages –, plus qu'à sa résolution (Fabre, 1993). Des différentes ressources qu'un apprenant est à même de pouvoir mobiliser en milieu scolaire pour apprendre (Lescouarch, 2016, 2018), nous nous intéressons ici aux ressources externes, et parmi lesquelles figure naturellement l'enseignant. Nous avons donc, afin de pouvoir apprécier les interactions – entre l'enseignant et les apprenants – qui favorisent les apprentissages, pensé la mise en œuvre d'un dispositif didactique portant sur la nutrition végétale, à l'école élémentaire (Beuve, 2017). Plus précisément, s'agissait-il de mettre là au travail le processus biologique qui, chez les plantes vertes, permet la production de leur propre matière.

Cadre théorique et apodicticité des savoirs scientifiques

Couramment, et en s'appuyant sur des références à la fois d'ordre épistémologique (Le Moigne, 1977 ; Walliser, 1977) et psychologique (Vergnaud, 1987), on distingue en sciences et dans les apprentissages qui s'y réfèrent le registre empirique du registre des modèles (Martinand, 1987), voire le registre des faits du registre des modèles (Orange, 2020). La construction d'une explication, entendue comme un processus de problématisation, nécessite d'ailleurs selon Bachelard (1949) et Dewey (1967) la distinction de faits et d'idées – les modèles pouvant alors être assimilés à des idées –, mais également la distinction :

- de l'assertorique, qui concerne les faits et les idées qui sont ainsi mais qui auraient pu en être autrement ;
- et de l'apodictique, qui fonde les faits et les idées en nécessités.

Nous proposons alors, afin de mieux cerner ce double dédoublement de la problématisation, la schématisation d'une enquête possible¹ pour expliquer le devenir du CO₂ prélevé par la plante (figure 1).

¹ Pour des apprenants du secondaire, *a priori*, voire du supérieur, qui maîtrisent les concepts de "matière minérale" et de "matière organique" et qui, par conséquent, s'inscrivent dans un registre explicatif de type mécaniste physico-chimique.

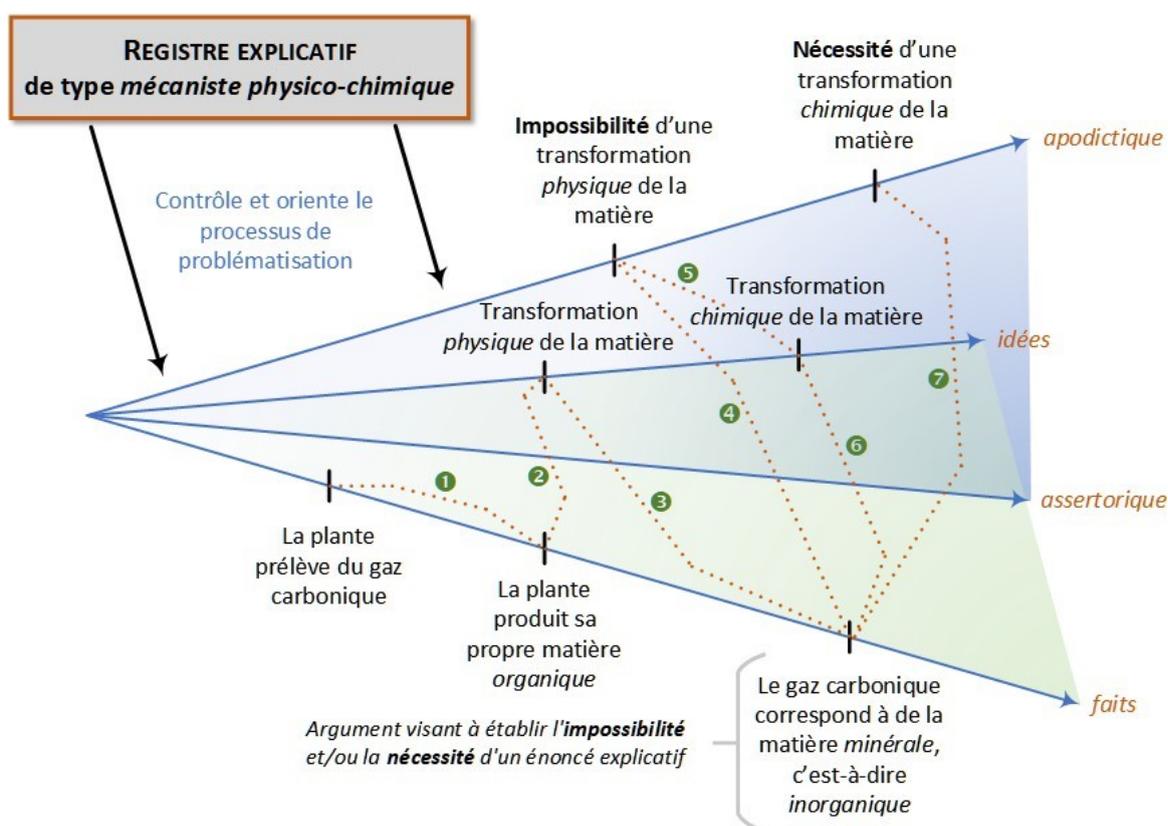


Figure 1 : Schématisation d'une enquête possible pour expliquer le devenir du CO₂ prélevé par la plante

Tout d'abord, et au premier dédoublement (faits *versus* idées), assiste-t-on à la désyncrétisation d'un certain nombre de faits (la plante prélève du gaz carbonique², la plante produit sa propre matière organique), et d'idées (transformation physique³ de la matière, transformation chimique⁴ de la matière). Ensuite, et au second dédoublement (assertorique *versus* apodictique), en arrive-t-on à la mise en évidence conjointe de l'impossibilité de l'idée d'une transformation physique de la matière, et de la nécessité de l'idée d'une transformation chimique de la matière.

Nous souhaiterions alors, dans le cadre de cette communication, caractériser les éléments qui, en tant que ressources, pourraient rendre possible la construction d'une telle nécessité à l'école élémentaire. Au-delà de l'expérience et des connaissances / compétences personnelles de l'apprenant qui, en somme, représentent ses ressources internes, c'est-à-dire son soi, Lescouarch (2016, 2018) propose, pour ce qui est des ressources externes

² Et d'autres corps, comme l'eau et les sels minéraux, mais qui ne sont pas directement impliqués dans la production – par la plante – de matière organique, lors de la phase chimique de la photosynthèse (cycle de Calvin).

³ Qui ne modifient pas la structure moléculaire du corps mis en jeu.

⁴ Qui modifient la structure moléculaire du corps mis en jeu.

mobilisables en milieu scolaire pour apprendre, d’y distinguer : 1) les supports, 2) les outils, 3) l’alter (tableau 1).

Les supports	Les outils	L’alter
Manuels et supports d’exercice Matériels didactiques Fichiers autocorrectifs Didacticiels	Bases documentaires Affichages Logiciels, encyclopédies, dictionnaires Outils de vérification et d’autoévaluation	L’adulte enseignant Les intervenants Les pairs : i) tutorat et entraide ; ii) coconstruction collaborative.

Tableau 1 : Diversité des ressources externes mobilisables en milieu scolaire pour apprendre (Lescouarch, 2018, p. 102)

Nous formulons alors l’hypothèse que le support pédagogique ne saurait être, dans un milieu étayant, une ressource suffisante, et que l’alter, au travers notamment des interventions enseignantes, demeure un élément déterminant lors de toute situation de classe, et plus particulièrement lorsque ces mêmes interventions enseignantes sont conduites avec réflexivité : comme ce peut être le cas lors d’une parenthèse réflexive (Beuve, 2022a, b, c), sorte de moment de *feedback*.

Matériels d’étude et méthodes de travail

Afin de mettre au travail notre question de recherche – des ressources externes mobilisables en milieu scolaire pour problématiser –, nous avons conceptualisé puis mis en œuvre, à l’aide d’un enseignant expérimenté, une séquence d’enseignement-apprentissage relevant de la “méthode des situations forcées” (Orange, 2010a, b), et traitant de la nutrition végétale au sein d’une classe de Cours moyen première année / Cours moyen deuxième année. Pour la présente communication, notre attention se portera sur la parenthèse réflexive qui a fait suite à la 6^e séance d’investigation, portant sur le besoin en CO₂ + lumière, les 5 premières séances ayant traité des besoins en eau et en sels minéraux. Cette parenthèse réflexive, que nous avons filmée et transcrite, a alors pris la forme d’entretiens⁵ réflexifs, et ce à raison d’un entretien par groupe d’apprenants.

L’analyse des interventions des apprenants s’est pour sa part effectuée au regard des différents registres de l’activité scientifique ; nous avons donc d’abord tenté de repérer des occurrences de deux types, celles portant sur des faits, celles portant sur des idées – et notamment des idées nécessaires –, pour ensuite les regrouper au sein d’une schématisation de la problématisation, empruntée à Orange (2020).

Nous proposons, dans le cadre de cette communication, de nous focaliser sur l’entretien du groupe 2.

⁵ Tels des échanges dialogués avec les apprenants, et menés par l’enseignant.

Mise en œuvre d'un dispositif didactique ayant trait à la nutrition végétale, analyse et discussion des échanges langagiers

A l'issue de la 6^e séance d'investigation – comparant la feuille de la plante à une usine –, il apparaît d'après son travail – sur documents (Annexe 1 ; Lamarque & Tavernier, 2006, p. 93) – que le groupe 2 envisage, lors de la photosynthèse :

- un prélèvement, à la place d'un rejet de l'O₂ ;
- un mélange, à la place d'une transformation des matières prélevées (eau, sels minéraux, CO₂).

D'où l'intérêt de la mise en œuvre d'un moment de *feedback*, suite à cette même séance.

Première partie de la parenthèse réflexive, ou la mise au travail du registre de la factualisation

A l'appui du premier document de travail (Annexe 1), l'enseignant commence cet entretien (tableau 2) par le rappel des différents besoins de la plante ; une différence cependant : alors que les besoins en eau et en sels minéraux ont été construits au cours des séances précédant la 6^e séance d'investigation, le besoin en CO₂ + lumière a quant à lui fait l'objet de ladite 6^e séance d'investigation.

Tour de parole	Intervenant(s)	Intervention
18	Enseignant	Très bien. Donc elle prélève [des] sels minéraux et de l'eau sous terre grâce à ses racines. Qu'est-ce qu'elle prélève d'autre comme matière ?
19	Aude	Euh... De l'oxygène.
20	Enseignant	L'oxygène est-ce qu'il est prélevé ?
21	Charley	Non.
22	Enseignant	Non. Il est quoi ?
23	Charley	xxx
24	Aude	Aérien. Au niveau aérien.
25	Enseignant	Attention. Prélevé ça veut dire qu'elle absorbe.
26	Aude	Ah oui. Euh...
27	Charley	Par les feuilles.
28	Enseignant	Est-ce que cet oxygène il est absorbé ?
29	Aude	Non.
30	Enseignant	Comment est-ce qu'on voit... Comment on voit qu'il n'est pas absorbé ?
31	Aude	Parce que la flèche elle va vers l'extérieur.
32	Enseignant	La flèche elle va vers l'extérieur.
33	Aude	Elle est repoussée.
34	Enseignant	Donc il est rejeté ?

35	Aude	Oui.
36	Enseignant	Donc est-ce que c'est quelque chose qu'elle absorbe ?
37	Aude, Charley	Non.
38	Enseignant	Non.
39	Aude	Non. C'est la...
40	Enseignant	Quelle est la troisième chose, la troisième matière qu'elle absorbe ?
41	Aude	Le... Du...
42	Aude, Charley	... gaz carbonique.
43	Enseignant	... gaz carbonique.

Tableau 2 : Premier extrait de l'entretien entre l'enseignant et le groupe 2

À l'issue de cette première partie, il apparaît que le rejet de l'O₂ – sur lequel le groupe 2 finit par s'arrêter – est, à l'instar du prélèvement du CO₂ « une connaissance qui ne présente aucun caractère de nécessité : elle est “vraie”, mais elle pourrait être “fausse” sans remettre en cause la cohérence du système théorique. » (Orange, 1997, p. 229).

Reste que ce fait – du prélèvement du CO₂ – peut malgré tout, et s'il est utilisé dans un raisonnement, s'inscrire dans un mouvement apodictique en permettant l'accès à un principe de nécessité, telle la nécessité de la transformation de la matière.

Seconde partie de la parenthèse réflexive, ou la mise au travail du registre de la modélisation en relation avec le registre de la factualisation

Une fois le rappel effectué des différents besoins de la plante, l'enseignant poursuit cet entretien (tableau 3), à l'appui du second document de travail (Annexe 1).

Tour de parole	Intervenant(s)	Intervention
66	Enseignant	Pourquoi est-ce qu'on peut dire que la feuille c'est une usine ?
67	Charley	Parce que la feuille elle fait comme une usine.
68	Enseignant	Oui. Et qu'est-ce qu'elle fait comme une usine ?
69	Charley	Ben... ben en fait elle... elle reprend les autres et elle les retire.
70	Enseignant	Elle prend des choses.
71	Alexis	Elle trie.
72	Charley	Elle est... elle est... Elle prend le...
73	Enseignant	Elle prend quoi ?
74	Charley	L'oxygène.
75	Enseignant	Ah non. Non. Non. Ah non. Non. On a dit que l'oxygène il était rejeté.

76	Enora	Elle prend du dioxyde de...
77	Aude, Charley	Du gaz carbonique.
78	Enseignant	Gaz carbonique. Ah... On va laisser Charley.
79	Charley	Gaz... gaz carbonique.
80	Enseignant	Gaz carbonique.
81	Charley	Sels minéraux. Euh...
82	Enseignant	Oui. Et de...
83	Charley	... l'eau.
84	Enseignant	Elle les prend dans l'usine ?
85	Charley	Oui.
86	Enseignant	Et ça qu'est-ce qu'elle en fait ?
87	Charley	Euh...
88	Enora	Elle les mélange.
89	Charley	Elle les...
90	Alexis	Elle les mange.
91	Charley	Elle... elle absorbe.
92	Enseignant	Elle les absorbe.
93	Charley	Et après elle fait du...
94	Enseignant	Et elle fait de...
95	Charley	Comment ? De la sève de sucres.
96	Enseignant	Elle fait de la sève sucrée avec. Ça veut dire que cette usine elle fabrique quoi ?
97	Aude	De la sève sucrée.
98	Enseignant	Elle fabrique de la sève sucrée. Comme le disait Charley : une usine c'est forcément... Une usine ça prend quelque chose...
99	Charley	... et ça relance.
100	Enseignant	... et ça renvoie autre chose. Est-ce que...

Tableau 3 : Second extrait de l'entretien entre l'enseignant et le groupe 2

À l'issue de cette seconde partie, il apparaît que l'impossibilité de l'idée d'un mélange des matières prélevées, qui rend alors nécessaire la transformation de ces dernières, n'est pas ici discutée ; en effet, l'enseignant ne contredit pas l'intervention d'Enora (88 : *la plante les mélange.*), ni même celles d'Alexis (90 : *la plante les mange.*) et de Charley (91 : *la plante les absorbe.*), qu'il valide par ailleurs (92 : *la plante les absorbe.*), et ce bien qu'elles ne fassent que reprendre les termes de la question d'origine (86 : *que fait la plante des matières qu'elle a prélevées ?*). Ici même, les interventions de l'enseignant ne sollicitent donc pas assez la réflexivité du groupe 2, alors même qu'un appel de l'enseignant à retourner aux faits – un mélange d'eau, de sels minéraux et de CO₂ correspond à de l'eau minérale gazeuse, et non à des sucres – aurait, sous la forme d'une "argumentation de preuve" (Orange, 2003), vraisemblablement permis de rendre nécessaire l'idée d'une transformation de la matière.

C'est pourquoi, et de ce manque de réflexivité sur l'action que nous constatons, nous serions plus enclins à envisager ici à l'enseignant une posture de guidage⁶, plus que de guidance, lors de cette interaction de tutelle⁷. En effet le guidage, et selon une modélisation de Lescouarch (2016, 2018), serait le propre de :

situations dans lesquelles l'intervenant organise l'environnement d'apprentissage en ayant fixé les buts et le chemin à suivre. Il montre, explique, et la démarche est directive. La guidance [quant à elle] renverrait à une situation plus ouverte de réflexivité, dans une approche qui reste tutélaire, et le but comme le chemin appartiennent à l'intervenant dans une directivité masquée. (Lescouarch, 2018, p. 107).

Nous proposons alors, au regard de cette parenthèse réflexive, la schématisation d'une enquête possible⁸ pour expliquer le devenir des matières prélevées par la plante (figure 3).

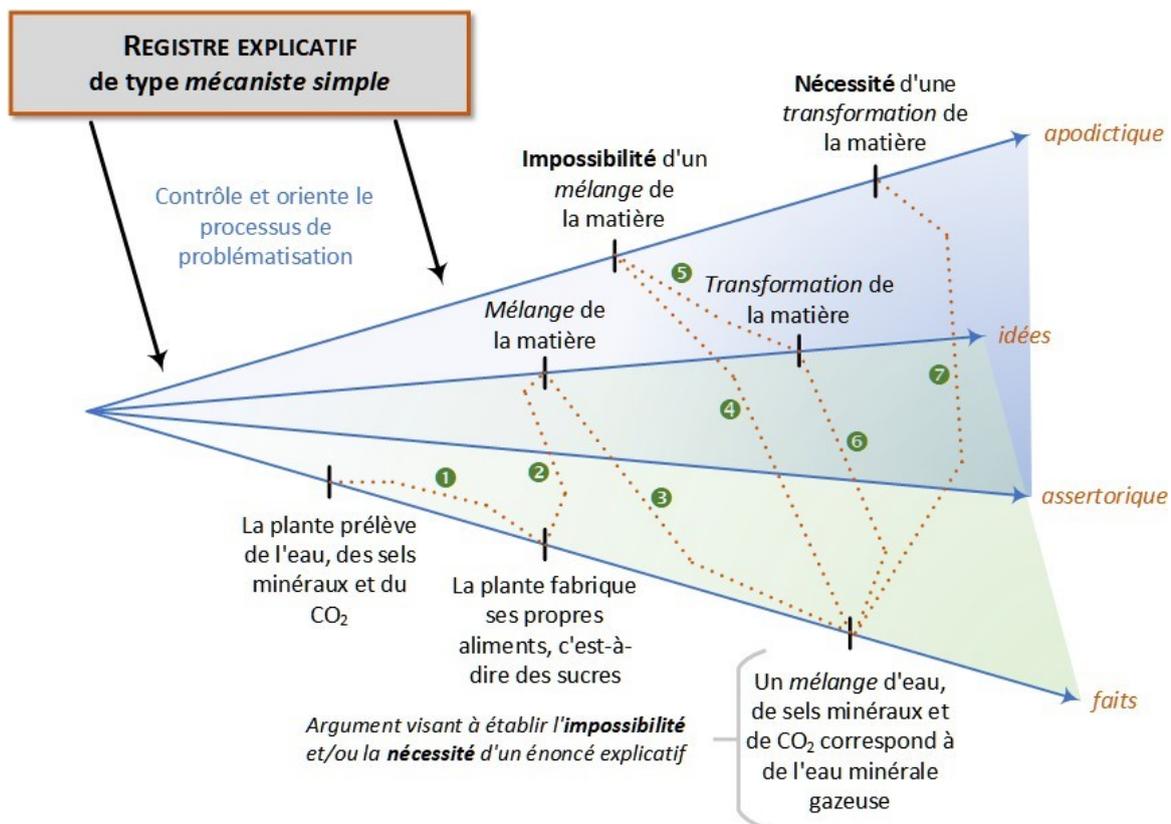


Figure 2 : Schématisation d'une enquête possible pour expliquer le devenir des matières prélevées par la plante

⁶ Et encore que, sur ce point précis, et même sans être justifiée, l'idée d'une transformation de la matière n'a pas ici été évoquée.

⁷ Lorsque, à la différence de la médiation, l'enseignant intervient directement dans l'activité.

⁸ Pour des apprenants du primaire.

Conclusion

Il apparaît, à l'issue de cette étude empirique que, dans un milieu étayant, la qualité d'un support pédagogique – qui ici repose sur la représentation analogique –, ne saurait suffire et se passer de l'alter au travers, notamment, d'interventions enseignantes pertinentes et critiques. En est ainsi donnée pour preuve la 6^e séance d'investigation de cette séquence d'enseignement-apprentissage qui, en comparant la feuille de la plante à une usine, ne permet pour autant pas la construction de la nécessité de la transformation de la matière, ce que devrait alors rendre possible notre parenthèse réflexive (Beuve, 2022a, b, c), à la condition cependant d'une posture enseignante (Lescouarch, 2016, 2018) qui soit en adéquation avec la nature de ladite parenthèse.

Bibliographie

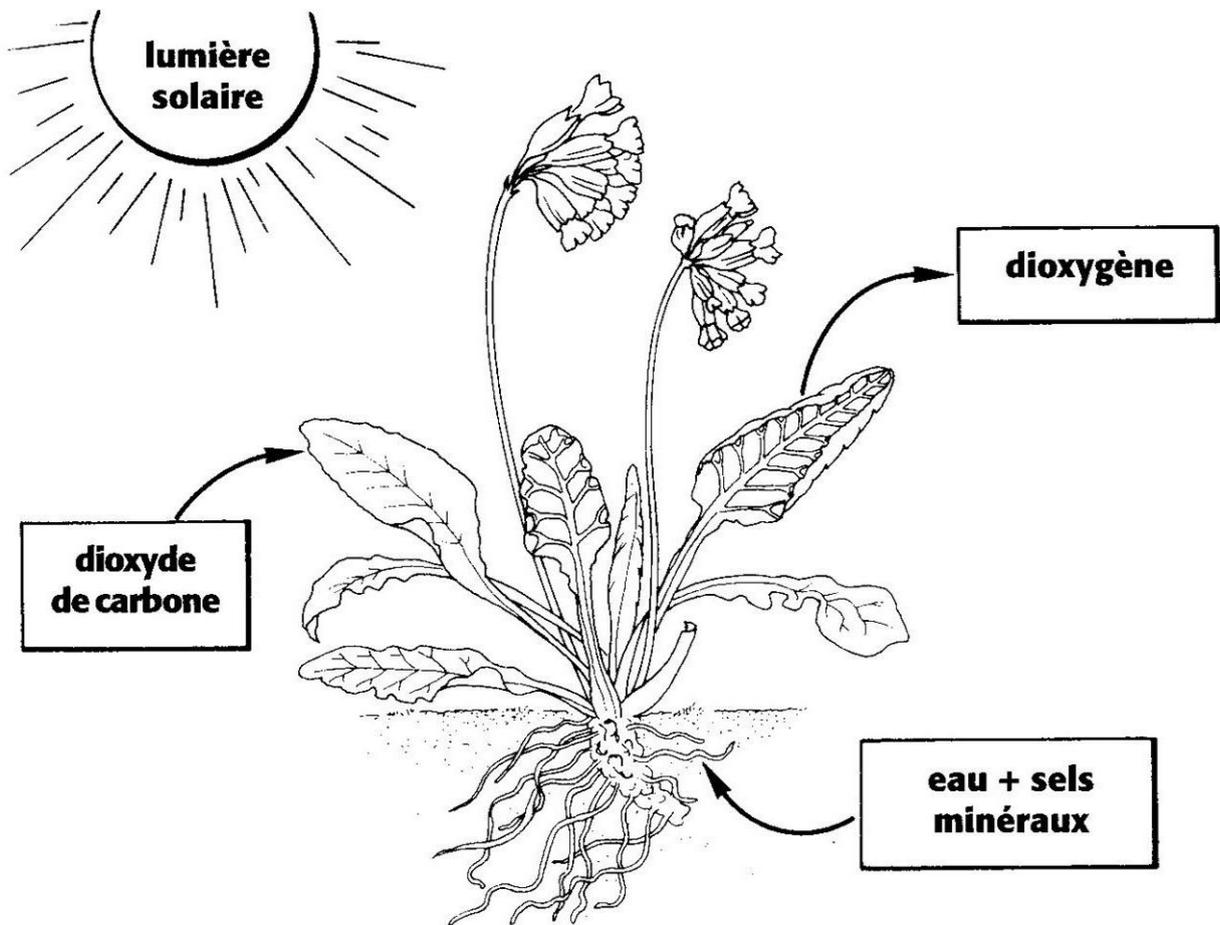
- Bachelard, G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Presses universitaires de France.
- Beuve, F.-X. (2017). *Problématisation, investigations et apprentissages dans les sciences de la vie. Etude didactico-pédagogique des conditions de possibilité pour des investigations empiriques problématisantes, dans deux domaines biologiques : nutrition et reproduction végétales* [thèse de doctorat]. Communauté d'universités et établissements Normandie Université.
- Beuve, F.-X. (2022a). Quel(s) rôle(s) pour l'enseignant dans l'aide à la problématisation de l'apprenant ? Une étude de cas en biologie. *Education & Didactique*, 16(2), 53-80.
- Beuve, F.-X. (2022b, septembre, 13-15). *Aider l'apprenant à problématiser... oui, mais comment ? Une étude de cas en biologie* [communication orale]. Congrès international de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation, Lausanne, Suisse.
- Beuve, F.-X. (2022c, novembre, 15-18). *Comment aider l'apprenant à problématiser ? Un cas d'étude : la reproduction des plantes à fleurs au cycle 3* [communication orale]. Douzièmes rencontres scientifiques de l'Association pour la recherche en didactique des sciences et des technologies, Toulouse, France.
- Dewey, J. (1967). *Logique. La théorie de l'enquête* (traduit par G. Deledalle). Presses universitaires de France.
- Doussot, S., Hersant, M., Lhoste, Y. et Orange-Ravachol, D. (dir.) (2022). *Le cadre de l'apprentissage par problématisation. Apports aux recherches en didactique*. Presses universitaires de Rennes.
- Fabre, M. (1993). De la résolution de problème à la problématisation. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ere nouvelle*, 26(4-5), 71-101.
- Fabre, M. (dir.) (2005a). Formation et problématisation. *Recherche et Formation pour les professions de l'éducation*, 48.
- Fabre, M. (dir.) (2005b). La problématisation : approches épistémologiques. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ere nouvelle*, 38(3).
- Lamarque, J. et Tavernier, R. (2006). *Enseigner la biologie et la géologie à l'école élémentaire*. Bordas.
- Le Moigne, J.-L. (1977). *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*. Presses universitaires de France.
- Lescouarch, L. (2016). *Etayages et pédagogies. Contribution à l'analyse des pratiques pédagogiques de la forme scolaire et de ses alternatives* [mémoire d'Habilitation à diriger des recherches]. Université de Rouen.

- Lescouarch, L. (2018). *Construire des situations pour apprendre. Vers une pédagogie de l'étayage*. ESF sciences humaines.
- Martinand, J.-L. (1987, février, 3-5). *Modèles et Simulation : En guise d'introduction* [communication orale]. Neuvièmes Journées internationales sur l'éducation scientifique, Chamonix, France.
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie. Quels apprentissages pour le lycée ?* Presses universitaires de France.
- Orange, C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster*, 37, 83-107.
- Orange, C. (dir.) (2005). Problème et problématisation. *Aster*, 40.
- Orange, C. (2010a, septembre, 13-16). *Etude des situations "forcées" : quelles méthodes pour les recherches didactiques s'appuyant fortement sur les productions des élèves et de la classe ?* [communication orale]. Congrès international de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation, Genève, Suisse.
- Orange, C. (2010b). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier enseignant. *Recherches en éducation*, hors-série, 2, 73-85.
- Orange, C. (2020, mai, 27-30). *Construction, déconstruction des faits et problématisation en biologie fonctionnaliste : étude de cas historiques et didactiques* [communication orale]. Dix-septième colloque du réseau international francophone PROBLEMA, Saint-Lô, France.
- Vergnaud, G. (1987). Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant. Dans J. Piaget, P. Mounoud et J.-P. Bronckart (dir.), *Psychologie* (p. 821-844). Gallimard.
- Walliser, B. (1977). *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de systèmes*. Le Seuil.

Annexes

Annexe 1 : les feuilles des plantes vertes sont des usines

Un aliment invisible est puisé dans l'air.



Pour se nourrir, les plantes chlorophylliennes puisent :

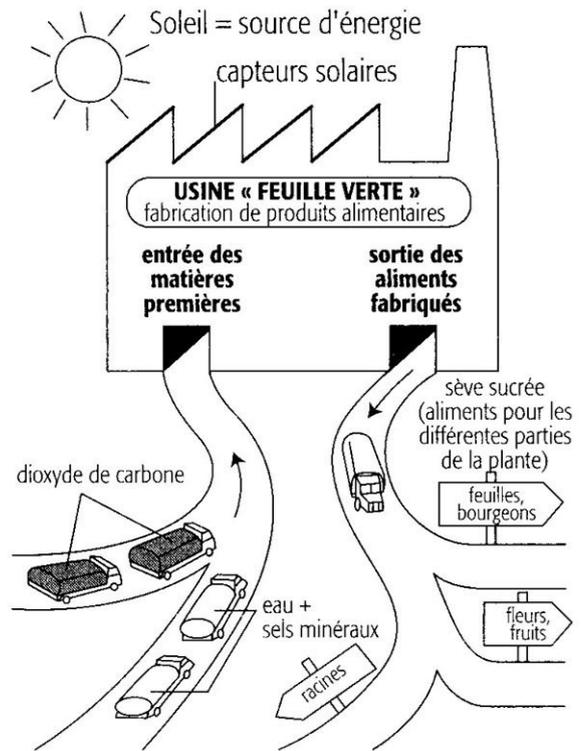
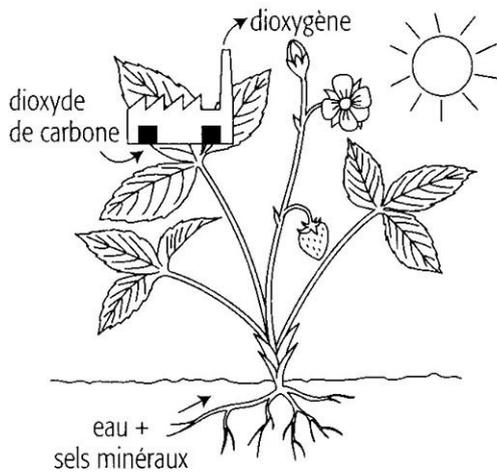
dans le sol, par leurs racines...

.....

dans l'air, par leurs feuilles...

.....

Le fonctionnement de l'usine "feuille verte"



1. On compare souvent les feuilles à des usines. Regarde ces dessins et explique.

.....

.....

2. Où le fraisier puise-t-il ses aliments ? Comment la fraise fait-elle pour grossir ?

.....

.....

3. Pourquoi cette usine fonctionne-t-elle le jour et non la nuit ?

.....

.....

Débat scientifique

La gravitation newtonienne : Une illustration de la construction des savoirs par les interactions langagières en contexte d'hétérogénéité

Yosra Bitri^{1,2}, Moez Guettari²

1 : Institut Supérieur de l'Enseignement et de la Formation Continue, Tunis

2 : Institut Préparatoire aux Études d'Ingénieur de Tunis

Résumé

En Tunisie, les classes d'aujourd'hui sont de plus en plus hétérogènes, tant du point de vue des origines sociales et culturelles des élèves ainsi que leurs prés-requis, compétences et connaissances. Ce qui pose un défi aux enseignants, de trouver des moyens pour créer un environnement d'apprentissage stimulant pour leurs élèves et d'adopter des stratégies d'enseignement adéquates. Notre travail s'inscrit dans le cadre des recherches en didactique des sciences physiques, et consiste en l'élaboration d'une séquence pédagogique filmée, intégrant une situation de débat avec des élèves de troisième année secondaire, dans le cadre de l'enseignement de la gravitation universelle. A travers les enregistrements vidéo, nous allons caractériser les formes d'interactions langagières en classe qui sont un outil sociocognitif pour favoriser la construction des savoirs chez des élèves hétérogènes. Il en ressortira également des pistes permettant aux élèves de confronter leurs idées, de problématiser et de construire collectivement un nouveau savoir.

Mots-Clés : Hétérogénéité ; Interactions langagières ; Débat scientifique ; Problématisation ; Savoir.

Débat scientifique

La gravitation newtonienne : Une illustration de la construction des savoirs par les interactions langagières en contexte d'hétérogénéité

Introduction

Cet article propose une approche d'enseignement de la théorie de la gravitation newtonienne, à un niveau de lycée, troisième, filière scientifique.

La difficulté à gérer des groupes d'élèves hétérogènes est un thème fréquent dans le discours des enseignants (Kahn, 2004). L'hétérogénéité des apprenants est une réalité qui caractérise toutes les classes, quel que soit la discipline ou le niveau d'enseignement. Elle se manifeste à travers des différences de niveau, de rythme d'apprentissage, de motivation, de culture, de langue et de genre (Chiss et David, 2011).

Vygotski, pointe le rôle facilitateur de l'environnement social dans la progression de chacun, en insistant sur la façon dont la pensée se construit grâce aux échanges langagiers avec les autres, qu'il s'agisse d'enseignants dans notre cas ou d'autres élèves (Vygotsky, L. S, 1934/1986).

L'objectif de cette communication est de poser un regard synthétique sur la problématique de l'hétérogénéité des apprentissages des élèves et son importance dans la construction du savoir. En fait, ce qui rend de plus en plus difficile l'exercice de la profession d'enseignant n'est pas tant l'hétérogénéité en soi mais l'incapacité de certains élèves à acquérir des connaissances et des compétences de base (Malet, Régis, 2023).

Cadre théorique et problématique de recherche

Selon Orange, l'importance des interactions langagières dans l'apprentissage scientifique est incontestable, mais leur prise en compte dans une démarche didactique prenant en compte la spécificité des savoirs construits n'est pas immédiate. Pour cela, la relation entre savoir et langage doit être organisée selon des normes épistémologiques précises. La problématisation scientifique est donc nécessairement associée au travail langagier (Orange, 2006).

Débat scientifique en classe

L'enseignement des sciences physiques est un domaine qui a connu de nombreuses évolutions au cours des dernières décennies, dont l'émergence du débat scientifique en tant qu'outil pédagogique. Pendant longtemps, les interactions langagières et les débats en classe ont été dévalorisées et les enseignants ont préféré l'apprentissage empirique des sciences.

Le débat scientifique est une activité langagière qui permet aux individus de partager leurs connaissances et leurs opinions sur un sujet scientifique. Il est souvent organisé en classe ou en laboratoire, et il peut être dirigé par un enseignant ou un chercheur (Webb, 2010).

En particulier, les interactions langagières en contexte d'hétérogénéité poussent à reconnaître et à intégrer diverses perspectives, ce qui peut mener à la construction de savoirs plus robustes et inclusifs (Hesselbach et al., 2012). Ce processus est vital pour éliminer les biais cognitifs et garantir que les conclusions scientifiques soient basées sur une base empirique solide et non sur des consensus préconçus.

Le débat scientifique peut être utilisé dans l'enseignement des sciences physiques pour atteindre différents objectifs, selon Christian Orange et Denise Orange Ravachol :

- Développer la pensée critique : le débat scientifique permet aux élèves de confronter leurs points de vue et de développer leur esprit critique
- Favoriser la collaboration : le débat scientifique peut être un moyen de favoriser la collaboration entre les élèves, qui doivent travailler ensemble pour défendre leur point de vue.
- Développer la communication scientifique : le débat scientifique permet aux élèves de développer leurs compétences en communication scientifique, qui sont essentielles pour partager leurs connaissances avec d'autres.

Outils langagiers pour agir sur l'hétérogénéité

Les interactions langagières sont essentielles au processus d'apprentissage, car elles permettent aux élèves de communiquer leurs idées, de partager leurs connaissances et de construire du savoir ensemble (Carré, P.& Marin, R.,2022).

Kostantinos Ravanis, a approfondi ses travaux sur les interactions didactiques, il a examiné les éventuelles transformations au niveau de la pensée des élèves en se basant sur deux perspectives théoriques (Ravanis, K. 1996) :

- ✓ Le premier, d'origine psychosociale, Il a constaté que l'importance qu'attache Vygotski aux interactions sociales permet le passage des régulations interpersonnelles vers un développement intrapersonnel.
- ✓ Le deuxième point de vue théorique part d'une approche plutôt didactique, les fonctions et les actions des enseignants sur des élèves pendant les interactions où la fonction de l'enseignant est de négocier avec les élèves des changements cognitifs.

Positionnements épistémologiques et didactiques

La théorie de la gravitation de Newton reste une pierre angulaire de la physique moderne et continue d'être étudiée et utilisée dans de nombreux domaines de recherche, notamment en astronomie et en astrophysique. Son impact sur le développement des idées scientifiques est incontestable, et son héritage perdure dans notre compréhension actuelle de l'univers (Baldy&Aubert,2005).

Pour reconstruire le savoir sur la force gravitationnelle, il est essentiel d'identifier et d'organiser tous les éléments constitutifs de la compréhension de ce concept. Cela passe nécessairement par l'identification des faits expérimentaux fondamentaux et de la problématique initiale ayant motivé la réflexion théorique.

Dans le cadre de cette recherche, nous nous intéressons plus particulièrement à vérifier la pratique des activités langagières qui aident les élèves à partager la même signification des objets discutés, de problématiser et de pouvoir prendre des initiatives pour avoir un raisonnement à caractère scientifique susceptible de construire un savoir.

Problématique

Pour arriver à bout de notre sujet on a émis la problématique suivante :

Lors de l'étude de la gravitation newtonienne, dans un contexte d'hétérogénéité, les interactions langagières peuvent-elles être un levier pour la construction des savoirs scientifiques ?

Et par la suite on s'est focalisé sur les questions de recherches suivantes qui approfondiront notre sujet :

- ❖ En quoi les interactions langagières peuvent-elles favoriser l'apprentissage de la gravitation newtonienne en contexte d'hétérogénéité ?
- ❖ Comment la confrontation des points de vue des élèves aboutisse à la construction du savoir en classe ?

Notre objectif général est donc la participation langagière des élèves pour l'élaboration des savoirs afin de découvrir, en contexte de la diversité à quel genre d'apprentissage langagier elles peuvent donner lieu.

Méthodologie

Dans cette recherche, nous présentons la méthodologie qui nous permettra de répondre à nos questions de recherche et d'étudier les caractéristiques des élèves, des enseignants et des pratiques en classe. Afin de répondre à nos questions de recherche, nous nous sommes appuyés sur une étude qualitative dont l'outil principal est l'observation lors du débat.

Nous avons entrepris d'identifier les interactions langagières des apprenants pour la construction d'un savoir (nous avons choisi d'effectuer ce débat avec des élèves de troisième année secondaire sciences expérimentales et nous avons pris le cas de la gravitation universelle).

Nous nous sommes interrogés dans un second temps sur les moyens de prise en compte de l'hétérogénéité dans la classe pour la construction de ce savoir.

Rôle de l'enseignant

L'enseignant en question est un enseignant de sciences physiques expérimenté qui enseigne depuis 22 ans et qui a enseigné tous les niveaux de la 7^{ème} année de base à la terminale dans des établissements tunisiens divers.

L'enseignant dans une classe hétérogène doit être un professionnel polyvalent, capable d'organiser les apprentissages, de médiatiser les savoirs et de faciliter les interactions entre les élèves.

Recueil de données

Pour répondre à notre problématique nous avons choisi d'effectuer des enregistrements vidéo durant la séance de travaux pratiques auprès d'un groupe d'élèves et qui sont transcrites par la suite. Pour justifier en quoi la chute libre peut être reliée à la présence de la Terre afin d'aboutir à l'idée de la gravitation universelle, ainsi qu'à l'expression de la force qui la quantifie (le poids), nous avons proposé trois questions qui marchent pour lancer le débat scientifique :

1. Pourquoi la Lune ne peut jamais toucher le sol ?
2. Pourquoi deux corps de masses différentes, lâchés sans vitesse initiale et à la même altitude, tombent-ils verticalement en touchant le sol même temps ?
3. Pourquoi un corps, lâché sans vitesse initiale, tombe-t-il verticalement ?

Les enregistrements vidéo nous ont permis d'observer les réactions des élèves face à la construction d'un savoir.

Nous avons notamment remarqué que :

- ❖ *Savoirs des élèves* : Influence du dispositif de débat sur les opinions des élèves.
- ❖ *Rôle du professeur* : Ouverture de la séance et la parole du maître.
- ❖ *Echanges langagiers* : Echanges entre pairs et l'élaboration des connaissances scientifiques des activités langagières.

On a noté que favoriser une communication ouverte et respectueuse, où chacun est encouragé à s'exprimer et à être entendu, peut contribuer à créer un environnement propice à l'apprentissage pour tous les apprenants, quel que soit leur niveau de compétence ou leurs besoins spécifiques, voici un extrait des transcriptions :

23	P	Un tas d'information après on va filtrer l'intéressant. Noter la nature des forces, c'est purement physique, deux forces de même sens... Revenant sur Quelle est la différence entre poids et gravitation ? Ou est-ce que le poids c'est la gravitation ? C'est une force gravitationnelle !
24	E	Force de la terre qui attire le corps vers le sol <u>L'enseignant à notre la réponse de cet élève sur le tableau.</u>
25	P	Là on parle de gravitation terrestre.
26	P	Est-ce que cette force est simultanée terre sur tous corps ou corps sur terre ? ou non ?
27	E	Terre sur corps
28	P	C'est tout
29	E	Oui
30	P	<u>non</u> ! Si on essaye de faire un petit rappel sur la loi de Newton. Elle dit quoi cette loi ?
31	E	<u>il</u> existe plusieurs lois de Newton
32	E	Il existe trois lois de Newton

Tableau 1 : un extrait des transcriptions

Nous avons adopté aussi un questionnaire (créé via le logiciel Google Forms), qui vise à recueillir des informations des enseignants sur les moyens de prise en compte de l'hétérogénéité dans la classe pour la construction de ce savoir.

Analyses

Dans cette partie, nous avons analysé les productions langagières des élèves pour comprendre comment elles contribuent à la construction des savoirs.

Dans le cadre de nos recherches en didactique des sciences, nos analyses ont permis de décrire les productions langagières comme un outil essentiel pour soutenir les élèves dans la remise en question de leurs conceptions naïves et les aider à développer un questionnement plus approfondi.

L'évaluation du développement de l'esprit critique des élèves lors d'un débat scientifique sur la gravitation universelle va au-delà de la simple transmission de connaissances et d'idées. Elle implique une analyse approfondie de la capacité des élèves à remettre en question, à argumenter de manière logique, à évaluer de manière critique les informations présentées, à identifier les biais cognitifs et à formuler des arguments étayés. Cette évaluation nécessite également de prendre en compte la qualité des interactions entre les élèves, leur capacité à écouter activement, à respecter les opinions divergentes et à collaborer de manière constructive pour construire collectivement une compréhension plus profonde du sujet en question.

Discussion

Dans le cadre de notre étude, nous avons exploré comment les interactions langagières peuvent favoriser l'apprentissage de la gravitation newtonienne en contexte d'hétérogénéité. En analysant le processus de débat en classe, nous avons observé que la participation cognitive des élèves, stimulée par la discussion et la négociation langagière, joue un rôle crucial dans le développement de leur réflexion.

Il est essentiel de souligner que les enseignants ont un impact significatif sur le langage des élèves et sur leur capacité à s'exprimer. En orientant les débats, en corrigeant les erreurs et en encourageant les échanges constructifs, les enseignants contribuent à renforcer la capacité de réflexion des étudiants. De plus, en créant un environnement propice à l'expression et à la communication, les enseignants peuvent favoriser la résolution de problèmes, la proposition

d'idées et l'expression de points de vue variés, encourageant ainsi la confiance mutuelle et le désir d'apprendre ensemble.

Conclusion

La réalisation de ce travail nous a été bénéfique, nous avons observé l'importance des interactions entre l'enseignant et les élèves durant cette séance de débat. Afin que ce genre de séances soient bénéfiques pour tous, il nous semble nécessaire qu'elles soient réalisées en petit atelier. En effet, nous avons constaté que certains élèves rencontrent des difficultés à s'exprimer en petit groupe. Cela serait davantage difficile s'ils étaient en classe entière.

Hors, il est primordial pour les élèves de prendre la parole régulièrement pour comprendre le fonctionnement de la langue et enrichir son vocabulaire.

En résumé, la construction du savoir dans un contexte d'hétérogénéité des élèves et d'interactions langagières requiert une approche inclusive, flexible et adaptative de l'enseignement. L'accent doit être mis sur la reconnaissance des besoins individuels, la promotion de l'interaction et la diversification des méthodes pédagogiques.

Références

- Chiss, J.-L., & David, J. (2011). Hétérogénéité des apprenants et traitement des contenus disciplinaires. *Le français aujourd'hui*, HS01, 57-67.
<https://doi.org/10.3917/lfa.hs01.0057> Christian Orange et Denise Orange Ravachol, « Pensée critique et savoirs en SVT : un point de vue depuis le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation », *RDST*, 28 | -1, 115-142.
- Kahn, S. (2004). Une réforme scolaire : des intentions aux résistances. *Sciences Humaines*, 153, 42-44.
- Malet, Régis. (2023) Policies for inclusive education practices in teacher education in the United Kingdom and France. *European Journal of Education*, 58. DOI: [10.1111/ejed.12550](https://doi.org/10.1111/ejed.12550)
- Orange, C. (2006). Chapitre 5. Problématisation, savoirs et apprentissages en sciences. Dans : Michel Fabre éd., *Situations de formation et problématisation* (pp. 73-90). Louvain-la-Neuve: De Boeck Supérieur.
<https://doi.org/10.3917/dbu.fabre.2006.01.0073>
- Paul Webb ,Science Education and Literacy: Imperatives for the Developed and Developing World.*Science*328,448-450(2010).
- Renee A. Hesselbach, David H. Petering, Craig A. Berg, Henry Tomasiewicz, and Daniel Weber.*A Guide to Writing a Scientific Paper: A Focus on High School Through Graduate Level Student Research*.Zebrafish.Dec 2012.246-249.<http://doi.org/10.1089/zeb.2012.0743>
- Vygotsky, L. S. (1934/1986). *Thought and Language*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Baldy, É. & Aubert, F. (2005). Étude de l'apprentissage du phénomène physique de la chute des corps en classe de 3^e française. *Didaskalia*, n° 27, p. 110-131

Usages par les formateurs d'outils utilisés en formation initiale des professeurs des écoles en sciences et technologie

Antonin Boyer¹, Valérie Munier¹, Jacques Fossati¹, Valérie De La Forest Divonne¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Université de Montpellier

Résumé

Cette communication s'intéresse aux usages par des formateurs de deux outils utilisés en formation initiale de professeurs des écoles en sciences et technologie : un cahier, support de la prise de notes des étudiants, et une fiche de synthèse permettant d'institutionnaliser et de structurer les connaissances scientifiques et didactiques travaillées. Pour évaluer ces usages et les plus-values des outils qui leurs sont associés, nous adoptons l'approche de l'acceptation située et faisons l'hypothèse qu'elle est liée aux PCK-Formation des formateurs. Des entretiens, conduits avec 10 d'entre-eux montrent qu'une majorité accepte les outils. Les variations dans les usages indiquent que les outils ne structurent pas nécessairement leurs pratiques, ce qui semble être une condition de cette acceptation. Les plus-values attribuées aux outils varient selon les PCK-formation et concernent majoritairement les apprentissages des étudiants et, dans une moindre mesure, les pratiques des formateurs.

Mots-Clés: Usages ; Cahier de sciences ; Connaissances professionnelles didactiques ; Formateurs ; École primaire

Usages par les formateurs d'outils utilisés en formation initiale des professeurs des écoles en sciences et technologie.

Introduction

Cette recherche s'inscrit dans un projet de recherche-formation portant sur les effets d'outils développés et utilisés dans la formation initiale en sciences et technologie (S&T) des enseignants du 1^{er} degré. Cette formation vise trois objectifs, la préparation au concours de recrutement de professeurs des écoles (CRPE), la formation aux sciences et à la technologie et la formation à leur enseignement. Deux outils sont utilisés par l'ensemble des formateurs de S&T d'un département d'enseignement : un cahier support de la prise de notes des étudiants et une fiche de synthèse permettant d'institutionnaliser les contenus des TD, notamment les connaissances professionnelles didactiques (PCK) travaillées. De premiers résultats montrent que les étudiants considèrent ces outils comme utiles, notamment vis à des pratiques de classe, mais que lors de leurs stages ils n'envisagent pas pour autant de les utiliser ou ne les utilisent pas (Boyer et al., 2021). Dans cette étude nous nous intéressons aux usages de ces outils par les formateurs.

Contexte et cadre théorique

Ces outils ont été conçus et sont utilisés dans le cadre d'une formation à un enseignement des sciences fondé sur l'investigation (Boilevin, 2013). Cette formation se rapproche d'une formation de type transposition au sens de Houdement & Kuzniak (1996) et implique une alternance de postures (Deblois & Squalli, 2002) pour les étudiants qui sont alternativement en posture d'élève (ils vivent des situations proches de celles qu'on pourrait proposer à des élèves) et en posture d'étudiants-enseignants. Elle repose sur l'hypothèse que les pratiques mettent en jeu des connaissances, notamment didactiques, pour lesquelles nous nous référons au modèle des *Pedagogical Content Knowledge* (PCK, Shulman, 1986). Un des objectifs de la formation est alors la construction par les étudiants de ces PCK. Les outils étudiés constituent le support de ces orientations de formation. Ils ont été introduits pour faire face à des difficultés identifiées par les formateurs. Le cahier a été mis en place suite au constat d'un manque de prise de notes des étudiants ; il est basé sur la transposition d'un cahier de laboratoire, comme le cahier d'expérience (Garcia-Mila et al., 2011), et vise in fine l'utilisation de ce type de cahier en classe. La fiche de synthèse a été proposée et mise en place suite à des recherches ayant montré le manque d'institutionnalisation et d'articulation des connaissances didactiques en formation (Munier et al, 2021) et dans l'optique de permettre aux formateurs d'explicitier, clarifier, circonscrire et harmoniser les contenus et objectifs des TD. Dans ce cahier les étudiants doivent prendre des notes rendant compte des différents temps de formation (e.g. démarches scientifiques vécues) puis, pour chacune des séances, structurer leur prise de notes sur la fiche de synthèse en identifiant les connaissances scientifiques travaillées et les PCK en jeu à partir de la catégorisation de Magnusson et al. (1999) : connaissances sur les difficultés des élèves, sur les stratégies d'enseignement, sur l'évaluation et sur le

curriculum. Ils doivent également identifier des connaissances didactiques plus générales travaillées lors des TD (e.g. l'importance de prendre en compte les conceptions des élèves). Le développement de ces outils repose donc sur des connaissances sur les difficultés des étudiants (prises de notes), les stratégies d'enseignement (démarche d'investigation) et de formation (transposition/postures), ainsi que sur les contenus à faire construire aux étudiants (PCK). Nous rapprochons ces connaissances des modèles de PCK pour former à l'enseignement des S&T (PCK-Formation) qui intègrent les PCK pour enseigner les S&T (Demirdöğen et al. 2015). Dans ces modèles les PCK-formation sont regroupées en différentes catégories : connaissances sur les apprentissages des étudiants, sur les stratégies d'enseignement et de formation, sur le curriculum de formation et sur l'évaluation des formations.

Pour évaluer l'usage des outils par les formateurs ainsi que leurs plus-values perçues en lien avec ces usages, nous adoptons l'approche de l'acceptation située qui correspond à « la mise à l'épreuve [des outils] dans [leur] contexte d'usage qui permet d'évaluer concrètement ses apports et ses limites, et de définir ainsi son intérêt par rapport à l'activité et aux projets de l'individu. Dans cette perspective, il s'agit moins d'examiner les conditions d'acceptation de l'objet technologique lui-même que de s'intéresser aux conditions d'acceptation des nouvelles pratiques (ou de la transformation des anciennes, voire de leur empêchement) qui sont liées ou induites par l'usage des [outils]. » (Bobillier-Chaumont, 2016 p.10). Nous faisons l'hypothèse que cette acceptation des outils est influencée par les PCK-Formation des formateurs et leurs croyances sur la façon d'enseigner et d'apprendre comment enseigner les S&T (Demirdöğen et al. 2015). Dans cette communication nous étudions donc l'acceptation de ces outils par les formateurs afin de comprendre la manière dont ils les intègrent dans leurs pratiques et de faire émerger les catégories de PCK-formation pouvant influencer ces usages des outils.

Méthodologie

Des entretiens ont été conduits avec 10 formateurs du département issus de quatre des cinq sites de formation de l'université concernée. L'année où les entretiens ont été conduits correspond à la 1^{ère} année de la généralisation des outils à tous les formateurs. Les participants présentent une certaine hétérogénéité concernant leurs expériences avec les outils (3 formateurs utilisaient les outils pour la première fois, 5 depuis plusieurs années et 2 font partie de l'équipe qui a participé à leur élaboration) et possèdent différents statuts (1 enseignant-chercheur en physique, 4 formateurs à temps plein et 5 enseignants en temps partagé).

Les entretiens ont été conçus en interrogeant les formateurs sur les deux outils simultanément et contenaient des questions portant sur leur usage des outils, l'influence de ces outils sur leurs pratiques, les apports et les limites des outils pour les formateurs et pour les étudiants. Le protocole d'entretien figure en annexe 3. Ils ont été analysés au regard des usages, limites et apports perçus par les formateurs. Les tensions qui apparaissent dans leur discours ont été relevées plus spécifiquement pour déceler leurs PCK-Formation.

Résultats

Nos résultats montrent que, globalement, les formateurs interrogés acceptent les outils et y voient un apport pour leurs pratiques. Seul un formateur n'a pas demandé aux étudiants de cahier de sciences mais a utilisé la fiche de synthèse. Pour lui le cahier ne s'intègre pas aux maquettes de formation en cours au moment de l'étude (hétérogénéité des étudiants, faible volume horaire) alors qu'il perçoit des apports de la fiche de synthèse. Deux ont demandé un cahier aux étudiants mais ne l'ont pas exploité et n'ont pas utilisé la fiche de synthèse, l'un par manque de temps et à cause du contexte, le second car il ne voit pas l'intérêt du cahier vu l'organisation de la formation (volume horaire insuffisant pour faire un retour sur les écrits) et ne donne pas de sens à la fiche de synthèse. Un a demandé un cahier et utilisé la fiche de synthèse parce qu'elle est prescrite par le département. Tout en reconnaissant l'utilité de contraindre les étudiants à rentrer dans l'écrit, il déclare qu'il n'adhère pas à l'idée de contraindre la structure de leur prise de notes et que le format des outils n'a pas de plus-value. Six ont utilisé les deux outils en y trouvant une plus-value pour eux et/ou pour les étudiants.

Au niveau des usages des outils, la principale différence quant à l'utilisation du cahier repose sur la structuration de la prise de notes demandée aux étudiants. Certains formateurs demandent uniquement aux étudiants une restitution complète des TD (incluant des photos, les documents distribués, etc.), d'autres leur demandent d'identifier différents types d'écrits ou des postures (posture d'élève/d'enseignant) au moment de la prise de notes : *« il y avait des moments où je les ai (mis) en posture « élève », et des moments où [...] ils gardent des traces, soit des réflexions qu'on était en train de mener sur la pertinence d'une activité, soit sur des gestes professionnels qu'ils auraient pu mettre en place ou qu'ils observaient [...] »*

Les utilisations de la fiche de synthèse par les formateurs diffèrent sur deux aspects liés entre eux, l'accompagnement des étudiants pour le remplissage de la fiche et l'intégration des catégories de PCK de la fiche aux contenus de chaque TD. Certains formateurs déclarent structurer leurs TD pour qu'ils englobent chaque catégorie de PCK présente dans la fiche de synthèse et les soulignent au cours du TD : *« Je pense que nous, ça nous aide à structurer chaque TD, et que chaque TD finalement aborde les éléments de cette fiche de synthèse »*. D'autres pointent au fil du TD certaines catégories de PCK puis reviennent sur l'ensemble de la fiche avec les étudiants à la fin de chaque TD : *« au fil du TD, je donnais des indications. Et après, des fois à la fin, on prenait un temps, ils prenaient un temps et ils se posaient et ils la complétaient »*. D'autres enfin laissent les étudiants remplir uniquement les aspects qui correspondent au TD et ne reviennent pas sur la fiche *« Non, elle me guide pas sur la conception du TD [...] je la remplis pas formellement et je viens la compléter par touches au cours du TD, quand ça s'y prête »*. En fonction de ces usages, les catégories de PCK figurant sur la fiche de synthèse structurent donc plus ou moins les contenus de formation.

Les apports des outils soulignés dans les entretiens concernent majoritairement les apprentissages des étudiants et dans une moindre mesure les pratiques des formateurs. Pour

ces dernières sont évoquées l'articulation des différentes thématiques traitées au sein des TD de physique et avec ceux de SVT (1 formateur) et l'évaluation du suivi des étudiants (2 formateurs) pour le cahier et la clarification des objectifs des TD (3 formateurs) pour la fiche de synthèse : « [...] Ça nous oblige quand même quand on prépare un TD maintenant à se dire « Bon, d'abord on va se fixer deux objectifs ou trois [...] un objectif en termes professionnels et un ou deux en termes de connaissances [...] ». La fiche apparaît comme un outil plutôt pour les formateurs dans certains entretiens alors que dans d'autres elle apparaît plutôt comme utile pour les étudiants.

Concernant les apprentissages des étudiants la majorité des apports déclarés porte sur des points qui ne sont pas spécifiques à la formation en S&T (prise de notes, synthèse, mémorisation...).

Au niveau des contenus scientifiques, il n'est pas fait mention directement des notions scientifiques et l'appropriation de la démarche scientifique n'est évoquée que par deux formateurs en lien avec sa restitution (photos et descriptions des manipulations et expériences). Dans les limites pointées par d'autres formateurs on retrouve l'idée que l'évaluation des outils¹ ne permet pas aux étudiants de se constituer un cahier proche d'un cahier de laboratoire (pas d'erreurs apparente, peu d'idées personnelles, recherche de propreté) et que les outils ne permettent pas systématiquement de développer chez les étudiants une appétence pour les sciences ou une culture scientifique suffisante.

Concernant les dimensions professionnelles, deux types d'apports sont mentionnés, la constitution d'une ressource pour les futures pratiques des étudiants au niveau du cahier (8 formateurs) : « [...] certains cahiers [...] qui pouvaient vraiment leur fournir une mine de... d'informations, de conseils, de pistes pour après leur futur métier. » et l'apprentissage de la démarche de préparation d'une séance de sciences pour l'école primaire au niveau de la fiche (3 formateurs) : « [...] ça peut leur permettre justement d'aborder un thème, de se poser les bonnes questions qui peuvent les aider, justement, des réflexes à se poser sur un thème, sur une partie du programme. ». Ces éléments semblent renvoyer, même si cela n'est pas explicite, à certaines catégories de PCK figurant sur la fiche de synthèse. Parmi les formateurs qui n'évoquent pas ces dimensions, certains déclarent que les étudiants ne perçoivent pas cette dimension des outils (2 formateurs) ou que les étudiants n'ont pas un niveau suffisant en S&T pour que les contenus didactiques leur soient utiles (1 formateur).

Discussion-conclusion

Nos résultats montrent que les outils ne structurent pas nécessairement les pratiques des formateurs et il semble que l'acceptabilité des outils repose sur ce degré de liberté. Nos résultats montrent également que les formateurs interrogés accordent une diversité de plus-value aux outils en fonction de leurs PCK-Formation. En effet, les plus-values et les usages qu'ils font des outils semblent dépendants de leurs connaissances sur le curriculum de

¹ une partie de la note de l'UE

façon dont les étudiants apprennent à enseigner les S&T. Il ne se dégage pas de tendance claire au niveau de ces plus-values sur l'ensemble des formateurs et ces connaissances ne semblent pas liées ni au statut des formateurs, ni à leur expérience avec l'outil.

Dans cette étude préliminaire les données analysées sont centrées sur les outils et concernent des pratiques déclarées, elles ne permettent pas d'accéder réellement aux PCK-formation des formateurs ni à leurs pratiques effectives, mais elles nous ont permis d'identifier certaines catégories et caractéristiques. De nouveaux entretiens et une vidéoscopie de certaines séances de formation sont prévus pour mieux comprendre les pratiques des formateurs et le rôle que peuvent jouer ces outils dans leur développement.

Bibliographie

- Bobillier Chaumon, M.E. (2016). Acceptation située des TIC dans et par l'activité : Premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 22(1), 4-21.
- Boilevin, J.M. (2013). Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants, regards didactiques. Bruxelles : De Boeck.
- Boyer, A., Munier, V., de la Forest, V., Fossati, J., & Landois, P. (2021). Évaluation d'usage d'un cahier de sciences utilisé en formation des enseignants du 1er degré. *Mediterranean Journal of Education*, 1(2), 190-201.
- Deblois, L. et Squalli, H. (2002). Implication de l'analyse de production d'élèves dans la formation des maîtres. *Educational Studies in Mathematics*, 50(2), 212-237.
- Demirdöğen, B., Aydın, S., & Tarkın, A. (2015). Looking at the mirror: A self-study of science teacher educators' PCK for teaching teachers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(2), 189-205.
- Garcia-Mila, M., Andersen, C., & Rojo, N. E. (2011). Elementary students' laboratory record keeping during scientific inquiry. *International Journal of Science Education*, 33(7), 915-942.
- Houdement, C. et Kuzniak, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 16(3), 289-322.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Munier, V., Bächtold, M., Cross, D., Chesnais, A., Lepareur, C., Molvinger, K., ... & Tricot, A. (2021). Étude didactique de l'impact d'un dispositif de formation continue à un enseignement des sciences fondé sur l'investigation. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (23), 109-136.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Annexes

Annexe 1 : extrait d'un cahier numérique correspondant à une séance de TD

Les mouvements corporels

programmes

Cycle 2: questionner le monde du vivant, de la matière et des objets

Reconnaître des comportements favorables à sa santé	Utiliser des bases, des instruments de mesure, Tableau et graphiques
<ul style="list-style-type: none"> - Repérer : - Le ventre, le dos ; la position des articulations (genou, tibia, hanche) - Les muscles de la cuisse et de la jambe : -> quelle est leur couleur ? combien y en a-t-il ? - Les tendons : -> quel est leur aspect ? - Les os : la colonne vertébrale, le fémur, le tibia - L'extrémité de la moelle épinière et un nerf (le sciatique ou le crural) -> quelle est sa couleur ? 	<ul style="list-style-type: none"> - parties de grenouille - pique - alcool

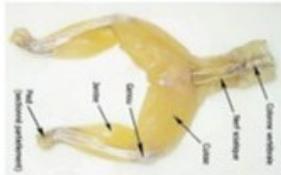
La dissection de patte de grenouille



- Dégrafer les muscles de la jambe : -> où et comment sont-ils attachés ?
- Sur l'autre jambe, retirer tous les muscles et dégrafer l'articulation du fémur au niveau de la hanche : -> comment sont reliés les os entre eux ?



Schéma :

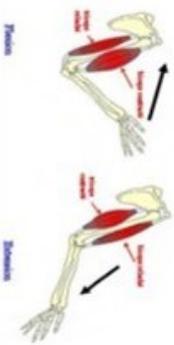


- parties de grenouille
- pique
- alcool

La construction d'un modèle de bras

A partir de la présentation d'un modèle existant (bras de prof!) vous allez construire une maquette, en petits groupes.

Schéma:



- 2 morceaux de carton
- ficelles
- des attaches perçurées.

La maquette :



L'observation de radiographies

Observer les radiographies pour retrouver la partie du corps impliquée et l'organisation d'une articulation.

- 1: rotule
- 2: hanche
- 3: le coude
- 4: genou de derrière



- A partir d'une situation de départ: par exemple: une course, on se questionne. => Qu'est ce qui dans mon corps me permet de faire des mouvements? Comment mes bras et mes jambes peuvent se plier et se tendre?

Conceptions des élèves

Exemple de dessin



- Les élèves émettent des hypothèses: Proposer aux élèves de dessiner ce qui dans un bras permet de le plier et de le tendre.

- Confrontation des conceptions et formulations de questions simples

- Investigation=> 1) observation de radiographies
- 2) dissection de pattes de grenouilles
- 3) modélisation du bras

Contenus scientifiques

« Les muscles sont attachés aux os par des tendons. Quand un muscle se contracte, il se raccourcit et tire sur les os auxquels il est fixé. Pendant le même temps, le muscle antagoniste se relâche. Cela provoque un mouvement. En coordonnant leurs activités, les muscles nous permettent une grande variété de mouvements. »

Annexe 2 : exemple de fiche de synthèse associée à ce TD

Titre de séquence : le mouvement corporel en cycle 2

Activités : dissection de la patte de grenouille
modélisation de l'action des muscles sur les os

Connaissances scientifiques nécessaires pour l'enseignant :

- Anatomie des membres (os, muscles, articulation, tendons ...)
- Aspects mécaniques du mouvement de flexion/extension des membres

Programme :

cycle 2, partie « Reconnaître des comportements favorables à sa santé », item « Repérer les éléments permettant la réalisation d'un mouvement corporel »

Difficultés des élèves :

- difficulté (éthique et technique) à disséquer du vivant-mort
- difficulté à mettre en relation la structure observée et le fonctionnement
- difficulté à relier le modèle carton-ficelle au réel

Objectifs des activités :

- Connaître l'organisation des organes du mouvement
- Comprendre la relation muscle-os et le mécanisme des muscles antagonistes

Evaluation :

- Compléter un schéma
- Respect du protocole et de la sécurité pendant la dissection
- Analyser/critiquer des modèles

Stratégie d'enseignement :

- confrontation avec le réel par la dissection d'une patte de grenouille ;
- modélisation fonctionnelle nécessitant peu de matériel

Du point de vue professionnel, pour enseigner les sciences :

- intérêt de l'utilisation du vivant en classe et modalités : le vivant en 3D, recours au réel, lien avec le quotidien (viande)
- complémentarité de l'observation et de la modélisation (observation : comment c'est fait / modélisation : comment ça marche)

Annexe 3 : protocole d'entretien

	Questions	Éléments de relance
Amorce	Est-ce que tu fais utiliser le cahier aux étudiants pendant tes TD de sciences ?	
	Est-ce que c'est quelque chose que tu aurais fait spontanément en dehors du travail collectif du département ?	Utilisation d'un outil similaire : avec les licences ? En projet ? En pédagogie générale ?
	Et pour la fiche de synthèse ?	
	Est-ce que tu l'utilises ?	
	Est-ce qu'elle apporte des éléments nouveaux à tes TD ? Est-ce qu'elle formalise des choses que tu faisais déjà ?	- catégories absentes avant ou non ? - éléments de didactique ? - remplacement de contenu ?
	Quelles sont les caractéristiques du cahier que tu fais utiliser aux étudiants ?	- Type d'écrits (enseignants, élèves) ? - Fiche de synthèse au début ? À la Fin ? - transposition d'un cahier de laboratoire
Utilité	Qu'est-ce que le fait de faire utiliser le cahier aux étudiants apporte au niveau de la formation ?	
	et l'utilisation de la fiche de synthèse ?	
	Qu'est-ce que le fait de faire utiliser le cahier aux étudiants leur apporte	- Notions ? - démarche scientifique ? -enseignement des sciences (didactique) ?, - prises de notes ?
	et l'utilisation de la fiche de synthèse	- Notions ? - démarche scientifique ? -enseignement des sciences didactique) ?, - prises de notes ?
	Qu'est-ce que le fait de faire utiliser le cahier aux étudiants t'apporte dans tes pratiques	- Retour et lien entre les TD ?, - aide pour structurer les TD ? - aide pour concevoir les TD ? - accompagnement pendant les TD ?
	et l'utilisation de la fiche de synthèse	- Retour et lien entre les TD ?, - aide pour structurer les TD ? - aide pour concevoir les TD ? - accompagnement pendant les TD ?
Utilisabilité	Comment tu fais utiliser le cahier aux étudiants	
	et la fiche de synthèse ?	
	Qu'est ce que cela change par rapport à tes pratiques habituelles ? Est-ce que cela change quelque chose ?	Préparation, du TD ? Animation du TD ? évaluation (form et som) du TD ? Évaluation de l'UE ?
	Quelle difficultés perçois-tu en lien avec l'utilisation du cahier ?	
	Quelle difficultés perçois-tu en lien avec l'utilisation de la fiche de synthèse ?	

L'intentionnalité dans les représentations schématiques en classe de SVT. Rôle et limites des compétences endo-narratives

François Dessart^{1,2}, Florent Figon^{3,4}

1 : Sciences et Société ; Historicité, Education et Pratiques, Université Claude Bernard Lyon 1

2 : Institut national supérieur du professorat et de l'éducation - Académie de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1

3 : Laboratoire d'Ecologie Alpine, Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Grenoble Alpes

4 : Université Grenoble Alpes - Institut national supérieur du professorat et de l'éducation - Académie de Grenoble, Université Grenoble Alpes

Résumé

Nous présentons dans cette communication un travail exploratoire que nous avons mené dans le cadre d'une recherche sur la mise en œuvre des compétences narratives des élèves qui procèdent à une lecture interprétative de schéma en SVT. Nous avons procédé, dans une étude préliminaire que nous présentons ici, à une analyse d'une ressource pédagogique de type vidéo et fait ressortir que les schémas de modèle cybernétique interagissent avec les compétences endo-narratives du lecteur-interprète qui conduisent ainsi à accentuer un effet d'intentionnalité. Malgré la prise en charge par l'enseignant, la lecture interprétative suit la structuration narrative du schéma. Un tel phénomène nous pousse à envisager l'analyse approfondie des modalités de prise en charge de l'implicite dans le travail des schémas en SVT.

Mots-Clés : Schéma ; Narration ; Compétences narratives ; SVT ; Intentionnalité.

L'intentionnalité dans les représentations schématiques en classe de SVT

Rôle et limites de compétences endo-narratives

Introduction

Nous présentons dans cette communication une étude préliminaire dans le cadre d'une recherche sur le thème de la schématisation en sciences de la vie et de la Terre (SVT). Nous nous appuyons sur des travaux déjà initiés (Figon et Dessart, 2022) qui nous conduisent à questionner ici l'intentionnalité (volonté d'atteindre un but) dans les interprétations que font les élèves des schémas en SVT. Nous pensons que cette tendance, que nous nommons « intentionnalisme » est stimulée par le recours à des compétences narratives spontanées des élèves dans leur recherche de sens dans les schémas. Ce sont ces compétences que nous commençons à explorer ici, en nous appuyant sur une étude de cas : nous analysons, au moyen des outils de la narratologie, la lecture interprétative¹ d'un schéma de la régulation de la glycémie faite par une enseignante dans une vidéo « Les bons profs » à destination d'élèves de terminale spécialité SVT.

Schéma et narration scientifique

Les schémas sont des systèmes scripto-visuels non-linguistiques (Moles, 1978 ; Astolfi, 1997 ; Vorms, 2014) résultant d'une activité de sémiologie discursive (activité de production de sens dans un contexte d'énonciation (Grize, 1998)) et possédant une certaine structuration narrative (Dessart, 2019, 2021). Cette structuration est proche de celle proposée par Greimas (1970) dans son Schéma Narratif Canonique (SNC) que nous utilisons afin de montrer que les entités représentées dans les schémas suivent une dynamique tendant à en faire des entités pensantes et ainsi à les doter de capacités anthropomorphes². Parmi ces capacités, nous pensons que l'intentionnalité (dans laquelle nous incluons la capacité à prendre des décisions) joue un rôle majeur dans la lecture interprétative de schémas en SVT.

En termes d'apprentissages il y a là un enjeu fort de compréhension des schémas scientifiques, en particulier les schémas de boucle de régulation, très fréquents en biologie, où un système régule une valeur en fonction de son environnement, ce qui peut mener à prêter des intentions à ce système.

Nous souhaitons analyser la façon dont l'intentionnalité imprègne l'interprétation des schémas en SVT en nous appuyant sur le concept de *compétences endo-narratives* développé par Gervais (1990) et repris par Baroni (2005, 2007) : ces compétences sont des

¹ Nous considérons comme lecture interprétative l'activité qui consiste à produire une interprétation par lecture analytique d'un texte ou d'un document scripto-visuel, que cette lecture soit verbalisée ou non.

² En ce sens elles répondent à la description du programme narratif selon Greimas Sujet-Action-Objet (Greimas, 1970).

« en-deçà narratifs » (Baroni, 2005) qui préfigurent l'action — en ce sens elles préparent la configuration des événements telle que l'a décrit Ricœur (1984) — et permettent de remplir les blancs, les non-dits ou déjà-dits, les implicites. Elles correspondent à ce que Eco désigne par les « compétences encyclopédiques du lecteur » (Eco, 1989). Par exemple, dans la narration d'une histoire où se produit un combat, l'auteur ne précise pas en général ce qu'est un combat : le lecteur sait ce qu'est un combat et donc sait ce qui va avoir lieu. Le lecteur mobilise là une compétence, dite « endo-narrative » qui joue le rôle de script de l'action (Baroni, 2007) : elle comble l'implicite de l'action « combat » sans surcharger la textualisation et permet d'accéder au sens.

Nous considérons que ces compétences endo-narratives sont potentiellement à l'œuvre dans la coopération émetteur-récepteur que représente la lecture interprétative des schémas en SVT. Cependant ces compétences endo-narratives du récepteur (i.e. le lecteur-interprète) dépendent aussi largement de l'émetteur (l'enseignant dans notre étude) qui compte sur le récepteur (l'élève lecteur-interprète) pour faire sa part du travail d'interprétation (Eco, 1989, 2005). C'est l'étape de mise en place et du contrôle de cette coopération émetteur/récepteur dans la lecture interprétative que nous souhaitons analyser ici.

Les compétences endo-narratives dans les explications de modèles cybernétiques en SVT

Nous souhaitons porter notre attention spécifiquement sur les schémas fonctionnels de type « modèles cybernétiques³ ». Nous étudions en particulier la régulation de la glycémie, enseignée en classe de terminale spécialité SVT.

En tant que système régulateur d'une variable à contrôler, un modèle cybernétique est téléologique (expliqué par une finalité) : il vise un but. Dans le cas que nous étudions, la variable à contrôler est la glycémie, le but est de la maintenir à une valeur consigne de 1g/L via un processus de régulation déclenché à chaque variation. Un modèle cybernétique ne fait pas que décrire un phénomène, il a aussi une portée prédictive (Monod, 1970) : il est possible, grâce au modèle, d'anticiper l'état futur du système. Une telle lecture prédictive, qui permet de décrire les effets à partir des causes est dite « antérograde » (De Ricqlès et Gayon, 2011).

Nous pensons que cette lecture antérograde, si elle est mal prise en charge, pousse les élèves à produire des schémas que nous pourrions qualifier de « narrativisés » (i.e. possédant une structure de récit linéaire), en rupture avec l'approche systémique du modèle cybernétique. De telles narrations conduisent alors à prêter aux entités constitutives du modèle des intentions quant à l'effet produit.

Cette tendance, que nous nommons « intentionnalisme⁴ » proviendrait de l'usage de compétences endo-narratives dans la production et/ou la lecture interprétative du schéma

³ Les modèles cybernétiques représentent des systèmes de type « programme « ouvert » [...] réactif aux fluctuations ambiantes, contrairement au programme « aveugle » d'une machine à calculer » (Le Roux, 2020, p. 277).

du modèle cybernétique. L'intentionnalisme jouerait alors un rôle déterminant dans la construction des représentations que se font les élèves des processus de régulation. Ainsi, le risque serait qu'une forme de réductionnisme se substitue à la pensée systémique. Ce réductionnisme s'organiserait autour de diverses entités biologiques (ex. : les hormones) douées d'intention. L'insuline par exemple ne devrait pas être appréhendée uniquement au travers de sa fonction hypoglycémisante : celle-ci est en effet totalement dépendante du système dans lequel elle intervient.

Dans quelles mesures les explications qui découlent d'un schéma de boucle de régulation sont-elles imprégnées d'intentionnalité ? En particulier, comment les scripts endo-narratifs s'invitent-ils dans les explications que produit un enseignant qui fait une lecture interprétative de leur schéma ?

Nous voulons montrer, dans un premier temps, que cette lecture antérograde et prédictive du modèle cybernétique, qui tend à produire de l'intentionnalisme, est fortement stimulée par la mise en œuvre des compétences endo-narratives dans la lecture interprétative.

Étude de cas : analyse didactique d'une ressource vidéo en ligne

Nous recueillons la lecture interprétative faite par une enseignante dans le cadre d'une [vidéo ressource-web « Les bons Profs »](#)⁵. Cette vidéo est pertinente d'un point de vue scientifique et entre pleinement dans les programmes de la classe étudiée. Elle dispose de plus d'une large visibilité sur le web auprès des enseignants et de leurs élèves. Dans cette vidéo de 6 minutes, l'enseignante produit une synthèse de cours, en appui sur un schéma, préalablement construit au tableau et constitué de deux parties : en haut à droite, un schéma général qui joue le rôle de légende fonctionnelle ; et le schéma de la régulation de la glycémie au centre. Le discours produit rend compte des choix de formulations et de constructions de l'explication. Nous transcrivons ce discours produit par l'enseignante et le schéma sur lequel elle s'appuie (Figure 1) et recherchons de quelle manière l'intentionnalisme s'y invite.

⁴ Nous différencions finalisme et intentionnalisme par le fait que l'intentionnalité implique une décision par l'acteur alors que l'inverse n'est pas toujours vrai (un système peut avoir un but dicté par une entité extérieure, par exemple un réveil sonne à une heure précise décidée, non pas par cet objet, celui qui le règle).

⁵ Dans cette première phase de notre recherche, ce n'est pas la coopération interprétative entre l'élève et son enseignant qui est analysée. Nous ciblons plutôt ici la coopération entre l'enseignant et le narrateur (celui à qui s'adresse le narrateur). De ce fait il ne s'agit pas, dans cette première étape du travail de recherche, de conclusions à propos de la coopération interprétative réelle entre enseignant et élève, mais de l'enseignant envisage cette coopération dans la lecture interprétative qu'il produit lui-même.

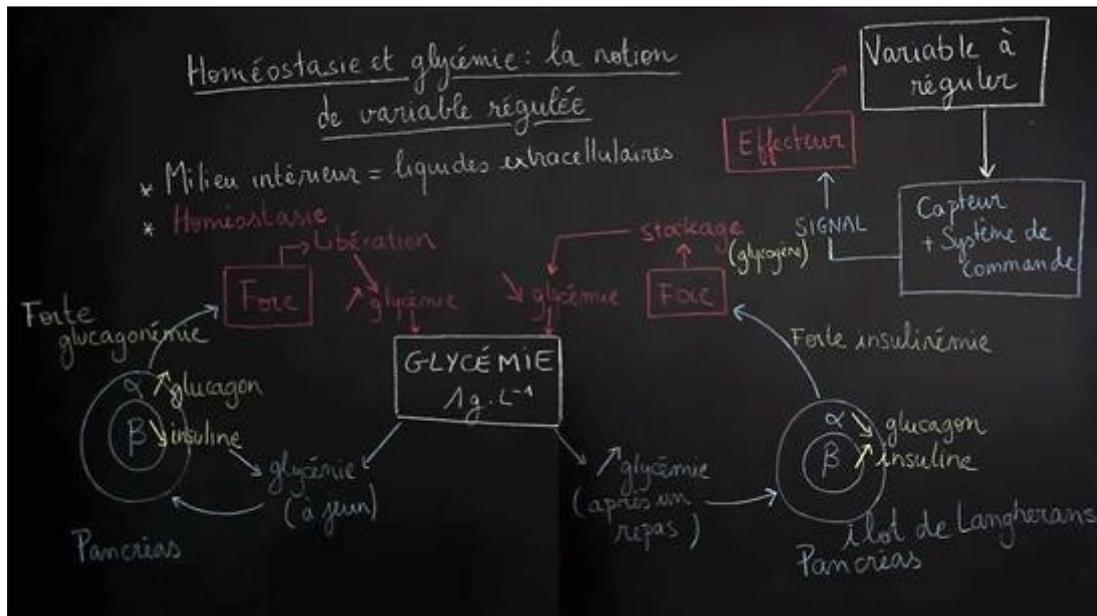


Figure 1. Homéostasie et glycémie : la notion de variable régulée (source : Les bons profs <https://youtu.be/HqJPBXvobBs?si=9x7JtZUs7VuiYyja>)

Premières analyses de la lecture interprétative du schéma par l'enseignante

Structuration narrative et prise en compte de l'intentionnalité

Nos analyses sont préliminaires dans cette étude et sont destinées à la mise en place d'indicateurs d'intentionnalité dans les schémas de modèle cybernétique. Cette première approche analytique montre que le schéma de la boucle de régulation présenté est construit selon un schéma narratif canonique. Dans la lecture interprétative que fait ici l'enseignante, il est possible de faire ressortir l'organisation sujet → action → objet depuis une entrée (le début) vers une sortie (la fin de la narration). Selon le sujet pris comme acteur principal (pancréas, hormone ou glucose), l'action est la sécrétion (pancréatique), la circulation dans le sang (de l'hormone), ou la variation de la glycémie. Dès lors, les entités mobilisées ici sont susceptibles d'agir de façon intentionnelle vis-à-vis du but associé au modèle cybernétique : restaurer une valeur consigne de la glycémie.

Quand l'enseignante dit « il existe au sein de l'organisme des capteurs qui *sont capables d'enregistrer* la valeur qu'a la variable à un instant donné. Ces capteurs transmettent l'information à un système de commande qui *a la capacité de comparer* la valeur enregistrée à une valeur qu'on appelle consigne » elle utilise des formulations qui peuvent limiter l'effet intentionnaliste : est capable de / a la capacité de. À l'inverse, d'autres termes qui sont utilisés produiraient un effet d'intentionnalité marqué : transmettent (implicitement « vers »), consigne (implicitement « qui doit être respectée, appliquée »). L'enseignante semble donc faire certains choix énonciatifs (formes verbales passives, rendant compte d'un état, plutôt que des formes actives, rendant compte d'une action) qui éviteraient la tendance intentionnaliste. Cela reste selon nous partiel, probablement parce que ces formulations sont couteuses d'un point de vue langagier et alourdiraient l'explication.

Des contenus sémantiques implicites

Un énoncé de la définition d'hormone est rappelé par l'enseignante mais le concept reste fortement chargé d'implicite « une hormone, c'est une molécule chimique qui est libérée et qui circule dans le sang et qui agit à distance sur des cellules cibles ». Il constitue un « déjà-dit » sur lequel va s'appuyer l'activité de lecture interprétative : c'est parce que les élèves sont censés maîtriser ce concept d'hormone qu'ils sont estimés capables de le positionner dans la dynamique d'interprétation et qu'ils peuvent l'utiliser de manière à ce qu'il donne du sens à l'explication générale. Ce concept joue selon nous le rôle de script endo-narratif. Il est :

- sous-déterminé : il ne dépend pas du contexte (l'insuline serait hypoglycémiant par nature) ;
- approprié : il est mobilisé de façon idoine dans le cadre d'une régulation hormonale ;
- construit sur un univers présupposé de régularités et de normes comportementales : l'hormone agit en quelque sorte de façon stéréotypée, normalisée.

Dans ce cas il est possible de voir l'hormone comme une entité biologique douée d'intention : aller vers sa cellule-cible *pour* agir dessus. Dans cet exemple, la lecture antérograde de l'action hormonale (cause : sécrétion hormonale ; effet : ajustement de la glycémie) et le script endo-narratif qui lui est associé (l'hormone a pour fonction de faire varier la glycémie) agissent ensemble vers la production d'une intentionnalité dans l'explication donnée par l'enseignante, malgré les précautions qu'elle semble prendre.

Le modèle cybernétique de régulation de la glycémie : une matrice interactive

Il est également possible de faire une analyse de la lecture interprétative par l'enseignante du schéma de la régulation de la glycémie en termes de matrices interactives (Gervais, 1990 ; Baroni, 2005, 2007). D'un point de vue narratologique, la matrice est un schème général qui caractérise la transformation (le procès) actualisée par le récit. Le type de matrice qui nous semble témoigner d'un tel procès est ici celui du contrat (Baroni, 2005, 2007) dans la mesure où il rend compte des modalités de circulation de l'information au sein du modèle cybernétique entre un système de contrôle et un système de pilotage (Morin, 1977). Le contrat (appréhendé selon une approche narrative) nourrirait ainsi l'intentionnalisme du fait de sa proximité conceptuelle avec la commande, propre au modèle cybernétique (Morin, 1977). Le contrat, en tant que matrice interactive, joue le rôle de scénario préétabli. En ce sens, il est partiellement sous-déterminé, autrement dit on sait globalement comment va se dérouler l'action.

Dans la situation que nous étudions, l'enseignante propose une boucle de régulation type comme référence (Figure 2) :

« il existe une boucle qui est en fait une boucle applicable à l'ensemble des valeurs régulées dans le cadre de l'homéostasie, lorsqu'une variable est régulée ».

Cette boucle joue ici le rôle de matrice interactive : elle détermine (même si cela n'est que partiel) comment l'action va se dérouler. Elle favorise selon nous l'enclenchement d'une approche narrative du modèle

cybernétique et tend à augmenter l'effet d'intentionnalisme, à l'instar des scripts endo-narratifs.

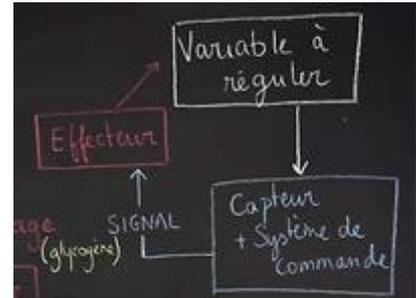


Figure 2. La boucle de régulation type.

Nous pensons dans cette analyse que l'enseignante prend en charge l'intentionnalisme en utilisant des formes passives de verbes. Il y a semble-t-il une atténuation de l'effet intentionnaliste qui témoigne de la volonté probable de l'enseignante de ne pas associer les entités biologiques à la finalité du modèle cybernétique.

Discussion et perspectives

D'autre part les compétences endo-narratives des élèves sont sollicitées selon deux axes complémentaires qui agissent selon nous ensemble pour produire de l'intentionnalisme :

- Axe 1 : des contenus sémantiques implicites, tels que les concepts d'hormones, de circulation sanguine, de sécrétion notamment, jouent le rôle de scripts et permettent une forme d'économie narrative en évitant à l'enseignant des explications de tous les concepts mobilisés. A noter qu'ils jouent également le rôle d'embrayeurs de narration dans la mesure où leur régularité constitutive initie l'action (la sécrétion est ainsi le déclencheur de l'événement « circulation de l'hormone » et donc aussi des événements suivants).
- Axe 2 : le modèle cybernétique de la régulation de la glycémie relève selon nous d'une matrice interactive dans la mesure où ce schéma rend compte d'une transformation partiellement sous-déterminée. Nous rapprochons le concept de commande en cybernétique de celui de contrat en narratologie. Nous notons d'ailleurs que le terme courant de « valeur consigne » utilisé par l'enseignante dans notre étude dénote clairement une prescription de l'action.

Dans le prolongement de cette étude préliminaire sur la coopération interprétative, nous avons pour ambition de rechercher des indicateurs sur la façon dont les enseignants peuvent prendre en compte la perception de leur discours par les élèves. Cela nécessite alors d'analyser en termes de compétences endo-narratives la réception de ce type de discours par des élèves de terminale. Nos travaux pourraient alors plaider pour une vigilance didactique et pédagogique vis-à-vis des compétences endo-narratives convoquées dans de telles situations.

Bibliographie

- Astolfi, J.-P. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. De Boeck université.
- Baroni, R. (2005). Compétences des lecteurs et schèmes séquentiels. *Littérature*, 137(1), 111-126.
- Baroni, R. (2007). *La tension narrative : Suspense, curiosité et surprise*. Seuil.
- Dessart, F. (2019). *Récit et médiation scientifique « sur le terrain » en géologie. Une approche*

- épistémologique et didactique de la mise en récit dans les situations de médiation de la géologie in situ*. Université Claude Bernard Lyon 1.
- Dessart, F. (2021). L'obstacle « récit finaliste » dans les reconstitutions historiques en géologie. Une étude de cas des mises en œuvre de la démarche historique dans les situations de médiation scientifique de la géologie « sur le terrain ». *Actes du colloque de l'ARDIST Bruxelles 2021*.
- Eco, U. (1989). *Lector in fabula : Le rôle du lecteur ou la coopération interprétative dans les textes narratifs*. Grasset. Paris.
- Eco, U. (2005). *Les Limites de l'interprétation*. Grasset. Paris.
- Figon, F., & Dessart, F. (2022). Prise en compte d'un obstacle didactique en formation initiale d'enseignants de SVT. Vers une typologie du finalisme dans les écrits d'étudiants en master MEEF. *Actes des XII^e rencontres scientifiques de l'ARDIST*, 159- 164. Toulouse.
- Ricqlès, A. de, & Gayon, J. (2011). Fonction. In T. Heams, P. Huneman, G. Lecointre, & M. Silberstein (Éds.), *Les mondes darwiniens* (Éditions Matériologiques, Vol. 1, p. 137-161). Gervais, B. (1990). *Récits et actions : Pour une théorie de la lecture*. Le Préambule. Greimas, A. J. (1970). *Du sens : Essais sémiotiques*. Editions du Seuil. Paris.
- Grize, J.-B. (1998). Logique naturelle, activité de schématisation et concept de représentation. *Cahiers de praxématique*, 31, 115-125.
- Le Roux, R. (2020). Entre hasard et programme : Monod, Jacob et la cybernétique. *Revue d'histoire des sciences*, 73(2), 273- 302.
- Moles, A. A. (1978). L'image et le texte. *Communication & Langages*, 38(1), 17- 29.
- Monod, J. (1970). *Le Hasard et la nécessité*. Seuil. Paris. Morin, E. (1977). *La méthode*. Seuil. Paris.
- Ricœur, P. (1984). *Temps et récit, tome 2. La configuration dans le récit de fiction*. Seuil. Paris.
- Vorms, M. (2014). Le rôle des diagrammes et des schémas dans l'activité théorique en biologie. In T. Hoquet & F. Merlin (Éds.), *Précis de philosophie de la biologie* (p. 125-143). Vuibert.

Connaissances professionnelles mises en jeu par des enseignants de physique-chimie en début de formation sur la modélisation

Alice Di Fabio¹, Sandra Javoy², Estelle Tison³

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz

Université de Rouen Normandie, Université de Lille, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université

2 : Laboratoire de Didactique André Revuz

Université d'Orléans, Université Paris Cité, Université Paris-Est Créteil (UPEC), CY Cergy Paris Université, Université de Lille 1, Université de Rouen

3 : Laboratoire de Didactique André Revuz

Université de Rouen, Université Paris Cité, Université Paris-Est Créteil (UPEC), CY Cergy Paris Université, Université de Lille 1

Résumé

Dans cette communication, nous présentons une étude en cours qui vise la caractérisation des connaissances professionnelles d'enseignants de physique-chimie au début d'une formation, de type *Lesson study*, sur la modélisation. Le cadre des PCK est utilisé pour repérer les connaissances mobilisées par les enseignants lors de la résolution et l'analyse d'un germe de situation impliquant le concept de masse volumique. Les premiers résultats indiquent que les enseignants mobilisent essentiellement des connaissances professionnelles sur les programmes qui les amènent à privilégier une démarche expérimentale fondée sur des mesures et l'application de formules. De plus, ils n'explicitent pas le lien entre l'aspect empirique et le modèle physique retenu. Ce constat semble confirmer la difficulté des enseignants à appréhender et à enseigner les notions de modèle et de modélisation. À l'issue de la formation, cette recherche tentera d'analyser les effets de la formation sur les pratiques des enseignants.

Mots-Clés : Connaissances professionnelles ; Formation continue ; Lesson study ; Modélisation ; Masse volumique

Connaissances professionnelles mises en jeu par des enseignants de physique-chimie en début de formation sur la modélisation

Nous présentons une étude en cours, initiée lors de la mise en place d'une formation¹ sur la modélisation mobilisant la notion de masse volumique. Nous nous centrons sur la première phase du dispositif de type *Lesson study* (LS) et les connaissances professionnelles repérées chez les enseignants de physique-chimie qui suivent cette formation.

Contexte

Le dispositif LS

Ce dispositif (Clivaz, 2015b) vise le développement professionnel d'enseignants par la construction collective d'une ressource pédagogique. Il a été adapté au contexte français en 2016 pour des enseignants de mathématiques (Masselin, 2020, p. 16). Plusieurs études mettent en évidence les apports du dispositif (Takahashi & McDougal, 2016 ; Clivaz, 2015a ; Lewis & Perry, 2014) notamment grâce à sa dimension collaborative d'une part entre enseignants et d'autre part entre chercheurs et praticiens (Clerc-Georgy & Clivaz, 2016 ; Masselin & Hartmann, 2020). Masselin et Derouet (2018) montrent aussi des effets sur les pratiques enseignantes.

La formation « LS en sciences »

Depuis 2023, le groupe « LS en sciences » de l'IREMS de Paris propose une formation, de type LS, à destination d'enseignants de physique-chimie de collège et de lycée. Au cours de la première journée (J1), les enseignants découvrent et s'approprient un « germe de situation » en vue de construire une séance d'enseignement menée, observée et analysée collectivement lors de la deuxième journée. Puis les enseignants mettent en œuvre cette séance dans leur classe. La troisième journée comporte un retour d'expériences, des apports théoriques et la rédaction d'une ressource collective.

Les programmes actuels de collège et de lycée de physique-chimie mettent en avant « l'activité de modélisation » (MENJS, 2020 ; MENJ, 2019a, 2019b, 2019c) :

« Le programme de physique-chimie de la classe de première s'inscrit dans la continuité de celui de la classe de seconde, en promouvant la pratique expérimentale et l'activité de modélisation et en proposant une approche concrète et contextualisée des concepts et phénomènes étudiés. » (MENJ, 2019b, p. 1)

Plusieurs travaux révèlent que la notion de modèle et/ou son enseignement est une difficulté chez les enseignants. Dans l'étude menée par Bouard et al. (2022), les enseignantes ne posent pas la modélisation comme objectif d'enseignement. Pélissier & Venturini (2016) attestent que l'enseignement des modèles en physique n'est effectif qu'avec des enseignants très sensibilisés. D'après Morge & Doly (2013), il existe des conditions didactiques favorables

¹ Proposée aux membres du groupe « LS en sciences » de l'IREMS de Paris et animée par 3 chercheuses en didactique des sciences (auteures de la communication)

à l'enseignement de la modélisation pour amener les élèves à distinguer modèle et réalité, or ces auteurs montrent que l'approche de la notion de modèle qu'ont les enseignants ne leur permet pas la prise en compte de ces conditions. L'un de nos objectifs est de former à la modélisation, ce qui semble répondre à un besoin des enseignants. Par ailleurs, des recherches sur la formation (Robert & Vivier, 2013) montrent l'intérêt de prendre appui sur les pratiques existantes pour les faire évoluer, ce qui permet le dispositif LS choisi ici.

Éléments théoriques

La théorie des deux mondes

Nous choisissons de mobiliser la « théorie des deux mondes » (Tiberghien, 1994 ; Bécu-Robinault, 1997) « qui offre une description théorisée de l'activité d'enseignement de la modélisation en physique » (de Hosson & Elias, 2021, p. 11) en opérant une distinction entre le monde des théories et des modèles et le monde des objets et des événements. Tiberghien et Vince (2005) considèrent que l'activité de modélisation, caractérisée par la mise en relation d'éléments de chacun des deux mondes, peut mobiliser à la fois des concepts de la vie quotidienne et des concepts de la physique, ce qui les amène à formaliser la distinction, pour chacun des deux mondes, entre ces deux domaines (figure 1).

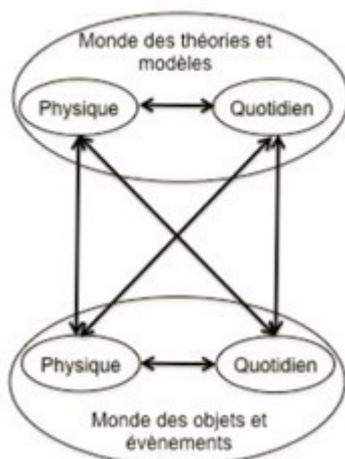


Figure 1 : Schématisation de la théorie des deux mondes (Veillard et al., 2011 p. 207)

La théorie des deux mondes offre donc un cadre conceptuel pour décrire une situation empirique dans une perspective relevant de la physique et/ou du quotidien et établir des liens entre les deux mondes.

Connaissances pédagogiques liées au contenu : PCK

Pour décrire les connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants, nous choisissons, dans la classification de Shulman (1987), la catégorie des PCK (*Pedagogical Content Knowledge* i.e. connaissances pédagogiques liées au contenu). Nous retenons certains composants des PCK proposés par Magnusson et al. (1999) et repris par Kermen (2018, p.129) :

- PCK-programme (connaissances sur les programmes scolaires),
- PCK-élèves (connaissances sur les capacités et difficultés des élèves),
- PCK-stratégies (connaissances sur les stratégies d'enseignement).

Principales difficultés des élèves concernant la masse volumique

La masse volumique d'un corps rend compte, dans un état physique et à une température donnés, de sa masse pour un volume donné. Dès le III^e siècle av. J.C., Archimède a établi le lien entre le comportement d'un corps immergé dans un liquide et sa masse par rapport à celle d'un même volume du liquide (traduction de Peyrard, 1807, p. 368-425) ; il est donc possible de prévoir si un solide immergé dans un liquide remonte à la surface du liquide en comparant leurs masses volumiques. Dans les programmes, l'approche de la masse volumique, vue dès le cycle 4, est essentiellement mathématique puisqu'elle vise l'exploitation de la relation $\rho = m/V$ pour déterminer des masses volumiques et « mesurer un volume ou une masse quand on connaît l'autre grandeur » (MENJS, 2020, p. 98-99). Or, d'après Dawkins et al. (2008), la mathématisation précoce de cette grandeur ne conduit pas les élèves à la maîtrise holistique de son sens physique et les amène à privilégier l'utilisation de la relation entre les trois grandeurs plutôt que des raisonnements de proportionnalité (Akatugba & Wallace, 1999). L'absence d'une exposition explicite au sens physique de la masse volumique ne peut alors permettre aux élèves de construire le lien entre le comportement d'un objet immergé dans un liquide avec la comparaison de leurs masses volumiques, d'autant que de nombreuses études montrent que les élèves associent préférentiellement ce comportement à la masse, au volume ou à la forme de l'objet (Javoy et al., 2018).

Problématique

Analyse a priori du germe de situation

La formation « LS en sciences » décrite précédemment a comme point de départ un « germe de situation »² qui met en jeu la différence de comportement d'un œuf plongé dans une eau salée et non salée (figure 2).

Zélie a faim, elle veut faire des œufs durs. Elle prépare une casserole d'eau salée et y plonge les œufs que sa maman Estelle vient de ramasser dans le poulailler. Les œufs remontent à la surface de l'eau. Elle se rappelle alors d'un dicton de sa grand-mère : si les œufs remontent à la surface de l'eau, c'est qu'ils ne sont pas frais ! Zélie n'y comprend plus rien : ils sont frais mais ils remontent à la surface de l'eau donc ils ne sont pas frais !

Pour quelle raison les œufs bien que frais remontent à la surface de l'eau ?

Figure 2 : Énoncé du germe de situation

² Conformément au vade-mecum du dispositif LS adapté au contexte français (Masselin, 2020, p. 30)

Répondre à la question consiste à étudier le comportement d'un solide immergé dans un liquide et à mettre en relation ce comportement avec la comparaison de leurs masses à volume identique ou de leurs masses volumiques ou des intensités du poids du solide et de la poussée d'Archimède exercée sur lui. Dans le cadre de la théorie des deux mondes nous situons :

- le fait d'observer que les œufs frais ramassés ce matin remontent à la surface de l'eau de la casserole d'eau salée, dans le monde des objets et des événements du quotidien (MOEQ),
- le fait que, d'après le dicton, un œuf frais et un œuf pas frais n'ont pas les mêmes propriétés, dans le monde des théories et des modèles du quotidien (MTMQ)
- la notion de masse volumique et/ou la notion de poussée d'Archimède dans le monde des théories et des modèles de la physique (MTMP),
- les positions relatives d'un solide immergé dans un liquide dans le monde des objets et événements de la physique (MOEP).

Résoudre le germe de situation consiste à établir des liens entre ces quatre domaines. Plusieurs démarches sont possibles : non expérimentale (données fournies) et expérimentales avec mesures (nécessitant l'utilisation de formules de calcul) ou sans mesure (par comparaison de masses, à l'aide d'une balance de Roberval, à volume identique).

Questions de recherche

Lors de J1, à partir du germe de situation, les enseignants répondent à « Comment feriez-vous pour répondre à la question ? De quoi auriez-vous besoin ? Qu'est-ce qui vous manque ? ». Puis, ils effectuent une analyse *a priori* du germe selon des critères donnés (tableau 1).

Connaissances et / ou compétences visées	Place dans le programme	Prérequis	Dimension modélisation
Réactions et réponses attendues des élèves	Difficultés prévisibles pour les élèves	Expériences possibles, protocole, observations et conclusion	Difficultés concernant la mise en œuvre en classe (pour l'enseignant)

Tableau 1 : Items de la grille d'amorce d'analyse *a priori*

Le dispositif LS rend accessibles « les dimensions prises en compte par les enseignants dans la préparation des leçons » (Clerc-Georgy & Clivaz, 2016, p. 194). Nous ciblons ces éléments desquels nous inférons les connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants à l'instar de Bécu-Robinault (2007). Le protocole LS apporte aussi une réponse à un « problème méthodologique » (Kermen, 2018, p. 133) : les enseignants ne sont pas dans l'action mais ils verbalisent des connaissances qu'ils n'exprimeraient pas s'ils effectuaient le travail seul et la confrontation des points de vue les conduit à expliciter leurs choix. Nous postulons que l'analyse des échanges des enseignants lors de J1 donne accès à ces choix et aux raisons de ces choix. Notre objectif est double :

- QR1 : caractériser les choix des enseignants en termes de savoirs mobilisés, démarche de résolution et activité de modélisation.
- QR2 : inférer, des raisons qu'ils donnent pour justifier ces choix, les PCK qu'ils mobilisent.

Méthodologie

Notre étude porte sur la matinée de J1 suivie par douze enseignants de physique-chimie de collège et de lycée qui doivent résoudre et analyser le germe de situation (tableau 2).

Étape	Modalité	Durée	Document support	Corpus de données
Résolution du germe de situation	Individuellement	10-15 min	Germe de situation	Annotations individuelles des 7 enseignants en présentiel
	Collectivement	10-15 min		Transcription de la discussion entre les 12 enseignants (7 en présentiel et 5 à distance)
Analyse <i>a priori</i> du germe de situation	En sous-groupe	25-30 min	Grille d'amorce d'analyse <i>a priori</i>	Transcription des discussions des sous-groupes : G1 et G2 (en présentiel), GD (à distance)
	Collectivement	1h		Transcription de la discussion entre les 12 enseignants (7 en présentiel et 5 à distance)

Tableau 2 : Déroulé de la matinée de J1 et corpus de données

Pour répondre aux questions de recherche, nous analysons les propos des enseignants pour repérer :

- les savoirs mobilisés, la démarche de résolution retenue et les éléments de discours relevant des domaines de la physique et du quotidien des deux « mondes » et les liens entre ces domaines (QR1),
- les raisons de leurs choix et les points de vigilance identifiés au regard des difficultés prévisibles des élèves, que nous associons à un ou plusieurs composants des PCK (QR2).

Le tableau 3 illustre notre méthode d'analyse.

	Choix possibles (non exhaustifs)	Exemples de raisons et de points de vigilance	PCK mobilisées
Savoirs mobilisés	- Masse volumique - Poussée d'Archimède - Exploitation de relations entre grandeurs	Contenu des programmes collège/ lycée	PCK-programme
		Remobilisation de connaissances à partir d'une situation de la vie quotidienne	PCK-stratégie
		Difficultés des élèves liées : au sens physique des grandeurs masse volumique, masse, volume ; à l'exploitation d'une formule entre grandeurs ; aux unités	PCK-élèves
Démarche de résolution	- Expérimentale ou non - Expérimentale avec mesures pour déterminer des valeurs de masses volumiques - Expérimentale en dehors de toute mesure	Contenu des programmes collège/ lycée relatifs à la démarche expérimentale	PCK-programme
		Intérêt pédagogique des manipulations expérimentales Intérêt d'une démarche expérimentale quantitative / qualitative	PCK-stratégie
		Difficultés des élèves liées au protocole de mesure d'une masse, d'un volume	PCK-élèves
Activité de modélisation	- Passage du MOEQ au MOEP - Mise en relation entre le MOEP et le MTMP	Contenu des programmes collège/ lycée relatifs à l'activité de modélisation	PCK-programme
		Intérêt pédagogique de partir d'une situation de la vie quotidienne	PCK-stratégie
		Nécessité de partir d'une situation contextualisée pour aboutir à un problème scientifique plus général	PCK-élèves

Tableau 3 : méthode d'analyse (exemples)

Premiers résultats

Dans les annotations, tous les enseignants ciblent le savoir « masse volumique » ; la notion de force n'apparaît que chez un enseignant. Lors de l'analyse *a priori* du germe, les trois groupes s'appuient sur les attendus institutionnels (PCK-programme) pour retenir la masse volumique (G1, GD) ou la poussée d'Archimède (G2) comme savoir visé. GD mentionne le lien entre la comparaison des masses volumiques et le comportement d'un solide immergé dans un liquide (lien MTMP-MOEP) comme prérequis (PCK-stratégie). Tous les enseignants évoquent l'utilisation de formules et les conversions comme difficultés des élèves (PCK-élèves) mais les difficultés liées au sens physique des grandeurs ne sont mentionnées que par un enseignant.

Dans les annotations et échanges, la démarche expérimentale avec réalisation de mesures quantitatives semble privilégiée (PCK-stratégie) même si un enseignant propose la comparaison des masses à volume identique et un autre une démarche sans expérience. Les mesures envisagées, de masses et de volumes, servent au calcul de masses volumiques en utilisant la relation $\rho = m/V$ (PCK-programme). GD et G2 signalent que la mesure du volume de l'œuf est une difficulté d'ordre expérimental prévisible (PCK-élèves).

L'item « dimension modélisation » de la grille d'amorce d'analyse *a priori* incite les enseignants à l'évoquer mais seul G2 relie l'exploitation du germe de situation à une activité de modélisation. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle ils ciblent la poussée d'Archimède, s'appuyant sur les extraits des programmes qui mentionnent explicitement qu'une force modélise une action (PCK-programme). Les enseignants semblent situer le germe dans le MOEQ sans volonté de passage au MOEP car une seule enseignante parle brièvement de

Connaissances professionnelles d'enseignants de physique-chimie
« transposer » la situation dans le domaine de la physique en remplaçant l'œuf par une boule.
Ils donnent par ailleurs des éléments du MTMP sans mise en relation avec le MOE.

Conclusion et perspectives

Notre recherche vise la caractérisation des connaissances professionnelles d'enseignants, à l'aune du cadre des PCK, au début d'une formation de type LS sur la modélisation. Exposés à la résolution et à l'analyse d'un germe de situation ciblant l'enseignement-apprentissage de la masse volumique, ils privilégient une approche expérimentale et mathématique, au détriment d'une approche qualitative. Le lien entre le monde des objets et événements de la vie quotidienne et celui des théories et modèles de la physique reste implicite. On constate une prévalence de la mobilisation des connaissances professionnelles des enseignants sur les programmes, en particulier dans la raison du choix de l'étude quantitative de la masse volumique. Le fait qu'ils ne semblent pas connaître certaines difficultés des élèves sur le sens physique de la masse volumique ne les amène pas vers le choix d'une approche qualitative. Enfin, leurs connaissances sur les stratégies d'enseignement sont essentiellement mobilisées pour la mise en œuvre de la pratique expérimentale mais ne semblent pas leur permettre d'envisager explicitement une activité de modélisation. Ces premiers résultats semblent confirmer les difficultés des enseignants à appréhender et enseigner l'activité de modélisation relevées dans la littérature. Notre analyse des connaissances professionnelles dans le cadre des PCK ne nous permet pas d'atteindre leurs connaissances liées au contenu qui pourraient éclairer les obstacles rencontrés par les enseignants sur l'activité de modélisation. À l'issue des trois journées de formation, nous visons l'analyse des effets de la formation sur les pratiques par l'étude de l'évolution des connaissances professionnelles, notamment sur la modélisation et l'approche qualitative vs quantitative d'une grandeur.

Références

- Akatugba, A. H., & Wallace, J. (1999). Mathematical Dimensions of Students' Use of Proportional Reasoning In High School Physics. *School Science and Mathematics*, 99(1), 31-41. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17443.x>
- Bécu-Robinault, K. (1997). Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels : Introduction expérimentale du concept de puissance. *Didaskalia*, 11(1), 7-37. <https://doi.org/10.4267/2042/23842>
- Bécu-Robinault, K. (2007). Connaissances mobilisées pour préparer un cours de sciences physiques. *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 45(1), 165-187. <https://doi.org/10.4267/2042/16822>
- Bouard, R., Canac, S., & Kermen, I. (2022). Modélisation des transformations chimiques : Mise en regard d'un programme et de pratiques enseignantes. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 25, Article 25. <https://doi.org/10.4000/rdst.4165>
- Clerc-Georgy, A., & Clivaz, S. (2016). Evolution des rôles entre chercheurs et enseignants dans un processus lesson study : Quel partage des savoirs. *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation*, 189.
- Clivaz, S. (2015a). Les lesson study : Des situations scolaires aux situations d'apprentissage professionnel pour les enseignants. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 19, 99-105.

- Clivaz, S. (2015b). Les Lesson Study ? Kesako ? *Revue de Mathématiques pour l'école (RMé) - Ex. Math-Ecole*, 224, 23-26. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/670>
- Dawkins, K. R., Dickerson, D. L., McKinney, S. E., & Butler, S. (2008). Teaching Density to Middle School Students : Preservice Science Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Practices. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 82(1), 21-26. <https://doi.org/10.3200/TCHS.82.1.21-26>
- de Hosson, C., & Elias, F. (2021). La théorie des deux mondes, un outil d'analyse d'une pratique enseignante innovante à l'université : Le cas de l'enseignement de la physique par l'escalade. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 24, Article 24. <https://doi.org/10.4000/rdst.4053>
- Javoy, S., Decroix, A.-A., & de Hosson, C. (2018). Les conceptions des élèves qui pourraient faire obstacle à l'apprentissage de la densité en cycle 3. [*Communication Orale*]. 10e rencontres de l'ARDIST, Saint Malo.
- Kermen, I. (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée*. Presses Universitaires de Rennes. <https://hal.science/hal-01861711>
- Lewis, C., & Perry, R. (2014). *Lesson Study with Mathematical Resources : A Sustainable Model for Locally-led Teacher Professional Learning*.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Éds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge : The Construct and its Implications for Science Education* (p. 95-132). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Masselin, B. (2020). *Ingénieries de formation en mathématiques de l'école au lycée. Des réalisations inspirées des Lesson Studies.*, Edts PURH (p. <http://purh.univ>). Presses Universitaires de Rouen et du Havre (PURH). <https://hal.science/hal-03198032>
- Masselin, B., & Derouet, C. (2018). *Sur la mise en évidence d'effets d'une formation courte sur les pratiques d'enseignants autour de la simulation en probabilités en classe de troisième*. 198. <https://hal.science/hal-03203669>
- Masselin, B., & Hartmann, F. (2020, février 16). *Ingénieries de formation en mathématiques : Des réalisations inspirées des Lesson Studies | Au Fil des Maths*. <https://afdm.apmep.fr/rubriques/ouvertures/ingenieries-de-formation-en-mathematiques-des-realizations-inspirees-des-lesson-studies/>
- Ministère de l'Education Nationale, de la Jeunesse et des Sports. (2020). *Programme d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4) (BO n°31)*.
- Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse. (2019a, janvier 22). *Programme de l'enseignement de physique-chimie de la classe de seconde générale et technologique*. Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse. <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special1/MENE1901634A.htm>
- Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse. (2019b, janvier 22). *Programme d'enseignement de spécialité de physique-chimie de la classe de première de la voie générale*. Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse. <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special1/MENE1901635A.htm>
- Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse. (2019c, juillet 25). *Programme de l'enseignement de spécialité de physique-chimie de la classe terminale de la voie générale*. Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse. <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special8/MENE1921249A.htm>

- Morge, L., & Doly, A.-M. (2013). L'enseignement de notion de modèle : Quels modèles pour faire comprendre la distinction entre modèle et réalité ? *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 52(1), 149-175. <https://doi.org/10.3406/spira.2013.1066>
- Pélissier, L., & Venturini, P. (2016). Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique : Le cas de la notion de modèle. *Éducation & didactique*, 10(2), 63-90. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2502>
- Peyrard, F. (1807). *Œuvres d'Archimède*. Chez François Buisson.
- Robert, A., & Vivier, L. (2013). Analyser des vidéos sur les pratiques des enseignants du second degré en mathématiques : Des utilisations contrastées en recherche en didactique et en formation de formateurs – quelle transposition ? *Éducation et didactique*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.1749>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Takahashi, A., & McDougal, T. (2016). Collaborative lesson research : Maximizing the impact of lesson study. *ZDM*, 48(4), 513-526. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0752-x>
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71-87. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90019-1)
- Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Étude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du français contemporain*, 10, 153-176.
- Veillard, L., Tiberghien, A., & Vince, J. (2011). Analyse d'une activité de conception collaborative de ressources pour l'enseignement de la physique et la formation des professeurs. *Activités*, 08(2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/activites.2627>

Effets de la relation entre le Cadre de l'Apprentissage par Problématisation et la (surveillance intellectuelle)²

Christelle Dubois

Résumé

Au sein de mes recherches j'essaie de découvrir si le Cadre d'Apprentissage par Problématisation pourrait générer, au cours d'un empan temporel de 3 années scolaires chez des élèves de niveau collège en France, la production de (surveillance intellectuelle)² puis la construction de savoirs raisonnés voire même le dépassement d'obstacles épistémologiques substantialistes.

Mots-Clés : Problématisation ; Surveillance intellectuelle ; Obstacle épistémologique substantialiste ; SVT ; Savoir raisonné

Effets de la relation entre les construits du Cadre de l'Apprentissage par Problématisation et l'émergence d'une (surveillance intellectuelle)²

Pour essayer de contribuer à la lutte contre les inégalités d'apprentissage lors des cours de Sciences de la Vie et de la Terre en France nous recherchons en didactique de la biologie : « Quelles situations pourraient être épistémologiquement et didactiquement efficaces en cours de SVT pour que des apprenants, de niveaux scolaires différents, acquièrent plus aisément des savoirs biologiques ? »

En réponses à cette question de recherche nous avons formulé deux hypothèses :

- Lors de problématisations, une (surveillance intellectuelle)² permettrait aux apprenants le dépassement d'obstacles épistémologiques substantialistes.
- Lors de problématisations, des apprenants de niveaux scolaires différents pourraient acquérir la capacité de (surveillance intellectuelle)².

Nous expliquerons d'un point de vue méthodologique comment nous avons procédé pour faire naître lors de cours de Sciences de la Vie et de la Terre le Cadre d'Apprentissage par Problématisation (ou CAP) décrit par Fabre et Orange (1997).

Puis nous montrerons que les premières analyses des résultats obtenus semblent révéler :

- premièrement qu'une remise au travail des construits du CAP peuvent se produire lors de moments de (surveillance intellectuelle)² décrite par Bachelard (1949) ;
- deuxièmement qu'il s'en suit parfois la construction de savoirs raisonnés et le franchissement d'obstacles épistémologiques substantialistes décrits aussi par Bachelard (1934).

Mise en place du Cadre de l'Apprentissage par Problématisation (ou CAP)

Lors d'un empan temporel de trois années scolaires (de l'année scolaire 2021-2022 à la présente année 2023-2024), nous mettons des élèves (en 5^{ème} en 2021 et en 3^{ème} actuellement) dans des situations didactiques favorisant l'émergence du Cadre d'Apprentissage par Problématisation. En 5^{ème} nous avons tous les élèves participant à notre dispositif de recherche en cours de SVT, c'est aussi le cas cette année pour quelques élèves de 3^{ème}, alors qu'en 4^{ème} nous n'étions pas leur professeure. Chaque élève sait qu'il peut quitter notre dispositif de recherche et le réintégrer, ou non, ultérieurement. Ainsi depuis le début de leur cycle 4, 15 élèves sont mis face à des problèmes biologiques de type explicatif auxquels ils apportent des explications sous forme de schémas et/ou de textes avant de vivre des débats scientifiques dans la classe. Voici les problèmes proposés aux élèves, ou qui leur seront proposés, ainsi que les connaissances acquises normalement lors de cours de SVT précédents :

- en 5^{ème}, alors que les élèves savent seulement que la production d'énergie dans les organes nécessite le prélèvement de glucose et de dioxygène dans le sang qui les irrigue, les problèmes étaient :
 - « Comment les organes, un muscle et un os de la jambe, peuvent être approvisionnés en matière à partir de ce qu'on mange ? » ;
 - « Comment vos organes peuvent être approvisionnés en dioxygène à partir de l'air inspiré ? » ;
- en 4^{ème}, alors que les élèves savent que le dioxygène et le glucose prélevés dans le sang par les organes proviennent respectivement de l'air alvéolaire et des villosités intestinales, les problèmes étaient :
 - « Comment les organes d'un fœtus peuvent être approvisionnés en matière à partir de ce que sa mère mange ? » ;
 - « Comment un mouvement du pied peut être généré après avoir vu un ballon soudainement arriver vers soi ? » ;
 - « Comment fumer de la drogue, comme le cannabis, peut avoir des effets sur le cerveau et provoquer des hallucinations ? » alors que les élèves connaissent ce qui se produit lors d'un mouvement volontaire.
- en 3^{ème}, alors que les élèves sauront ce que sont structurellement une bactérie pathogène, des globules blancs et des globules rouges :
 - « Comment expliquer qu'un globule blanc peut repérer et provoquer la destruction d'une bactérie pathogène sans pour autant détruire une de nos cellules saines comme un globule rouge ? » ;
 - « Comment expliquer que des microorganismes présents dans notre tube digestif puissent améliorer la digestion de certains de nos aliments ? » alors que les élèves maîtrisent le processus de digestion et que certains aliments ne peuvent pas être digérés puis que le tube digestif humain contient environ 2kg de microorganismes non pathogènes.

Après avoir rassemblé les productions similaires nous les affichons au tableau devant les élèves rassemblés. Nous présentons d'abord les productions contenant des solutions qui représentent des obstacles épistémologiques substantialistes avant d'afficher des solutions de plus en plus proches de la réalité. Devant ces productions un débat scientifique dans la classe est généré car les apprenants de niveaux scolaires différents produisent des dire très différents. En effet, Orange (1997) indique que les apprenants produisent des dire appartenant au domaine de l'assertorique qui sont soit du registre des modèles et/ou du registre empirique tout en faisant parfois référence à un registre explicatif mécaniste. Sont rattachés au domaine de l'assertorique les dire représentant des obstacles épistémologiques substantialistes que Bachelard (1934) a décrits. C'est justement le franchissement de ces obstacles par les élèves eux-mêmes, accompagnés par l'enseignant, qui nous intéresse dans nos recherches. Ces obstacles sont dévoilés entre pairs lors des débats qui sont systématiquement enregistrés en audio (la plupart durent 30 minutes et ont plus de 200 tours de paroles) et retranscrits intégralement depuis 2021 pour ensuite être analysés avec une

méthodologie élaborée par Orange (2000). En effet, d'après Orange, les problématisations naissent après la verbalisation de contraintes sur les dires reliés aux registre empirique et des modèles ou sur leurs relations. Selon Orange doivent être écartés de l'analyse les tours de parole portant sur le fonctionnement et la description de modèles et sont gardés les échanges portant sur une critique d'un modèle.

Pour le moment les analyses indiquent que de nombreux élèves verbalisent soit des assertions (ex : « il y a des bons aliments ») soit des nécessités en réponses à des problématisations (ex : « les bons aliments doivent quitter le tube digestif et rejoignent le sang ») qui ne sont pas de type mécanistes mais substantialistes et qui représentent des obstacles épistémologiques d'après Bachelard. Quelques apprenants réussissent pendant les débats à convoquer des contraintes sur les modèles (ex : « c'est le sang qui transporte les nutriments aux muscles ») et des contraintes empiriques (ex : « les nutriments sont dans le tube digestif ») pour ensuite verbaliser des problématisations empreintes de raisons (ex : « comment les nutriments dans le tube digestif peuvent rejoindre le sang qui est dans des vaisseaux sanguins ? »). Lhoste (2017) souligne que les problématisations, qui portent sur certaines contraintes sélectionnées, peuvent être rattachées à ce que Bachelard (1949) nomme une surveillance intellectuelle de premier niveau. Apparemment aucune (surveillance intellectuelle)² n'a émergé de ces tous premiers débats.

Mais en adjoignant une autre méthodologie à celle décrite précédemment il semblerait que quelques apprenants soient capables de vivre des moments de (surveillance intellectuelle)² et de remettre au travail soit les facteurs ayant servi de supports à l'expression des problématisations soit les construits de ces dernières.

Émergence d'une (surveillance intellectuelle)² après mise en place du Cadre de l'Apprentissage par Problématisation

Bachelard a décrit dans son laboratoire la (surveillance intellectuelle)² ou une surveillance de surveillance lors de laquelle un individu expérimente consciemment le fait d'être un « sujet divisé » (1949, p. 69) en un « être surveillant » et un « être surveillé » (p. 70). Cette émergence de « rationalisme appliqué » pourrait permettre d'après Bachelard (1949, p. 80), la naissance d'un sur-moi bienveillant permettant le repérage éducatif d'erreurs et donc peut-être le dépassement « d'obstacles épistémologiques » (1934, p. 37) chez l'apprenant. D'où l'intérêt de transposer le travail de Bachelard dans la classe.

Pour cela nous avons appliqué une seconde méthodologie décrite par Bizon (2018) lors de son travail sur la conscience problématologique. D'après Bizon, pour que les élèves puissent produire des discours méta, c'est-à-dire des discours sur des discours, les apprenants doivent être mis après leurs débats scientifiques dans la classe face à leurs interventions retranscrites pour qu'ils puissent discourir sur leurs discours ou sur le discours de pairs. C'est pourquoi nous organisons systématiquement, depuis 2021 après les débats scientifiques dans la classe, des groupes de discussion auxquels nous présentons sur l'écran de notre ordinateur les retranscriptions de leurs débats réalisés auparavant. Ces nouveaux échanges sont enregistrés en audio et retranscrits aussi intégralement.

L'objectif final serait de générer chez les apprenants en intrasubjectif ce qui se produit en intersubjectif. En effet, en faisant appel à la théorie du développement humain de Vygotski (1925/1994/2003), grâce à l'utilisation d'« instruments psychologiques » (Vygotski, 1930a/1985, p. 39) comme peuvent l'être les retranscriptions écrites des productions orales émises lors des débats, les élèves entre pairs de niveaux différents interagissent et contribuent à la genèse de fonctions psychiques supérieures (Vygotski, 1933/1985), comme l'est selon nous la (surveillance intellectuelle)². En fait, pour Vygotski, les fonctions psychiques supérieures apparaissent à deux reprises lors du développement infantile : premièrement en tant qu' « activité collective, sociale et donc comme fonction interpsychique » ; deuxièmement en tant qu' « activité individuelle, comme propriété intérieure de la pensée de l'enfant, comme fonction intrapsychique » (p. 241).

Pour le moment, dans les groupes de discussion, la plupart des apprenants qui produisent une (surveillance intellectuelle)² sont capables de remettre en question soit les contraintes convoquées (ex : « mais c'est pas possible qu'il y ait un tuyau entre la bouche et le cerveau sinon les aliments iraient dans le cerveau quand on mange ! »), soit le registre explicatif convoqué (ex : « Mais c'est pas possible qu'un aliment soit bon ou mauvais, comment serait reconnu un bon aliment dans ton corps ? ») lors des problématisations. Cette (surveillance intellectuelle)² semble être plus souvent possible chez les apprenants ayant de bons résultats scolaires et lorsqu'ils portent sur des faits non produits par eux-mêmes (ex : « Je pense que c'est bizarre ce que dit Célia, l'intestin peut pas choisir les bons aliments, c'est pas un être vivant, il n'a pas de conscience pour choisir ! »). Pour quelques élèves, cette (surveillance intellectuelle)² semble migrer vers les moments de problématisation. Reste à découvrir si au bout de ce temps long de trois années scolaires plus d'élèves parviendront à produire une (surveillance intellectuelle)² dès les moments d'explications face à des problèmes biologiques et ce sans faire appel à des obstacles épistémologiques substantialistes. Pour le moment deux élèves qui sont en réussite scolaire y parviennent très ponctuellement (ex : « Maintenant quand je dois proposer une explication au problème que vous me donnez je me demande tout d'abord ce qui est possible en biologie »).

Si nous réussissions à multiplier ces dernières réflexions chez davantage d'apprenants et surtout chez ceux de niveaux scolaires plus faibles, nous pourrions dire que la mise en place du Cadre de l'Apprentissage par Problématisation sur un temps long pourrait être une situation didactique qui pourrait servir de levier à l'émergence d'une (surveillance intellectuelle)² indispensable au franchissement d'obstacles épistémologiques et donc à la lutte contre les inégalités d'apprentissages.

Bibliographie

- Bachelard, G. (1934). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Librairie philosophique J. VRIN.
- Bachelard, G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris : Les Presses Universitaires de France.
- Bizon, C. (2018). *Rapport à la problématisation des élèves de l'école primaire en sciences : étude des décalages entre les points de vue des élèves, de l'enseignante et de la chercheuse* [thèse de doctorat, Nantes]. <https://www.theses.fr/2018NANT2030>

- Fabre, M. et Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT : Langage, apprentissage, enseignement des SVT*. Bordeaux : Presses Universitaires de Bordeaux.
- Orange, C. (2000). *Idées et Raisons, construction des problèmes, débats et apprentissages scientifiques en Sciences de la Vie et de la Terre* [Mémoire présenté pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Nantes].
- Vygotski, L. (1925/1994/2003). *Conscience, inconscient, émotions*. Traduction française de F. Sève et G. Fernandez. Paris : La dispute.
- Vygotski, L. (1930a/1985). La méthode instrumentale en psychologie. Dans B. Schneuwly, J.-P. Bronckart (Éds.), *Vygotsky aujourd'hui*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, pp. 39-47.
- Vygotski, L. (1933/1985). Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire. Dans B. Schneuwly, J.-P. Bronckart (Eds.), *Vygotsky aujourd'hui*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, pp. 95-117.

Interactions langagières en sciences au cycle primaire. Cas du contexte bilingue libanais

Fatme Mehdi¹, Abdel Karim Zaid¹, Catherine Boyer¹

1 : Théodile-CIREL, Centre Interuniversitaire de Recherche en Éducation de Lille, Université de Lille

Résumé

Cette contribution porte sur l'étude des interactions langagières dans l'enseignement des sciences au cycle primaire. Elle analyse l'exploitation des fonds de connaissances des élèves, et la création d'espace hybride lors des interactions langagières en classe bilingue. L'étude est effectuée sur un échantillon de classes du cycle primaire au Liban, où l'enseignement des sciences a lieu en langue étrangère. Elle montre que, pour stimuler les interactions et favoriser l'exploitation des fonds de connaissances, les enseignants proposent des moyens d'aide didactique comme les exemples de la vie quotidienne. Pour atténuer l'effet de la langue étrangère en faveur de l'acquisition d'un langage scientifique, ils ont recours au translangage. Pour faire progresser le système didactique, ils essaient de créer un espace langagier hybride mobilisant le dessin, les gestes et la langue maternelle. Toutefois donner la bonne réponse demeure l'objectif principal des interactions observées.

Mots-Clés : Interactions langagières ; Espace hybride ; Bilingue ; Fonds de connaissances ; Médiation didactique.

Interactions langagières en sciences au cycle primaire Cas du contexte bilingue libanais.

Pourquoi interroger les interactions langagières en sciences en contexte bilingue

Plusieurs travaux en éducation insistent sur le fait que l'apprentissage est une activité sociale. Cette idée, principalement puisée de la théorie socioculturelle (Vygotsky, 1997), fonde le rôle décisif des interactions, surtout langagières, comme élément central de l'apprentissage. Ainsi en sciences, des études montrent que le contenu scientifique, scolaire ou non, n'existe pas par lui-même, il est construit par des interactions entre les acteurs, dans un dispositif, entre autres, par la médiation du langage et de ses règles (Zaid, 2017). Une tâche essentielle de l'apprentissage des sciences consiste à apprendre à « parler science » (Lemke, 1990), en construisant les ressources linguistiques essentielles pour lire, écrire, discuter, interagir, proposer des hypothèses et résoudre des problèmes (Zaid, 2016). Selon cette perspective, l'action de l'enseignant est « écartelée entre une action motivée par l'enjeu d'aider les élèves à construire un savoir scientifique et l'enjeu de les aider à développer des compétences langagières » (Zaid & al., 2012, p.102) pour participer au discours scientifique. Ceci requiert la création d'un *espace hybride* (Bakhtine, 1934/1981), où s'intègrent et s'hybrident le langage quotidien avec le langage scientifique (Tiberghien, 2003 ; Kamberelis & Wehunt, 2012 ; Karlsson & al., 2019 ; 2020).

Dans le cas particulier du *contexte bilingue*, comme au Liban où s'effectue le travail de recherche dont est issue cette contribution¹, les enjeux linguistiques des activités scientifiques et des représentations verbales qui s'y réalisent (Ducancel & Astolfi, 1995) seront doublés par celui de la coexistence des deux langues en classe. L'enseignement des sciences se moule dans les processus langagiers (Gajo, 2007) et mobilise, chez les élèves, des *fonds de connaissances* conceptuels et linguistiques (Irish & Kang, 2018). Alors les acteurs ont recours au translangage pour atténuer la difficulté supplémentaire due à la langue étrangère. Selon la théorie de *translangage*, il n'y a pas de frontières claires entre les langues des élèves bilingues. Ces langues sont interdépendantes et connectées d'une façon dynamique (Unsal et al., 2018).

Suite à la revue de littérature sur l'enseignement des sciences dans un contexte bilingue², notre objectif principal est d'étudier la manière dont les interactions langagières, dans une classe bilingue, construisent un *espace hybride* où seront mobilisés les *fonds de connaissances* des élèves, pour arriver, ou non, à acquérir un concept scientifique. Nos premières observations effectuées dans le contexte bilingue libanais ont montré que les interactions ont lieu principalement entre les élèves et leur enseignant, ce qui nous amène à considérer la *médiation* didactique de l'enseignant par rapport à la relation élève-contenu (Zaid, 2012) comme une piste de recherche pertinente. Médiation didactique est entendue ici dans le sens d'établir des liens entre les contenus scientifiques et les expériences linguistiques et culturelles (donc fonds de connaissances) des élèves afin de rendre ces contenu accessibles et significatifs³. La question de recherche reformulée pour cette communication est « comment les enseignants libanais du primaire agissent, en contexte bilingue, afin d'aider les élèves à développer des compétences langagières nécessaires lors des interactions en classe pour faire construire un savoir scientifique ? ».

Construire des données pour rendre compte de l'action des enseignants de sciences dans une classe bilingue

Pour la collecte des données, nous avons choisi trois écoles représentant les types des écoles au Liban : publique, privée subventionnée et non subventionnée⁴. Effectuer l'étude dans ces trois classes n'est pas dans l'intention de faire une comparaison, c'est plutôt pour considérer ce qui se joue dans différents contextes, afin de répondre au questionnement selon une démarche de type étude de cas multiple (Yin, 2009).

Dès le primaire, l'enseignement des sciences s'effectue en anglais ou français. Pour notre recherche, nous avons choisi des écoles qui dispensent ce cours en français, langue étrangère par rapport aux enseignants et aux élèves. L'étude est effectuée sur deux chapitres du programme de sciences (l'appareil digestif et l'appareil respiratoire) dans trois classes de EB5 (5^e année de l'éducation de base : élèves entre 10 et 11 ans). Notre corpus est constitué des fiches de préparations des trois enseignants, des 29 observations filmées des séances de classes, des évaluations des élèves et des entretiens avec les enseignants. Les séances enregistrées ont été transcrites et analysées. L'analyse vise à préciser des moments particuliers, détectés lors de la transcription, dans une grille qui relie le contenu à enseigner, les fonds de connaissances mobilisés, les moyens d'aide didactique, la langue utilisée dans les interactions, etc. Les 29 séances observées sont hétérogènes du point de vue des outils et moyens d'aide didactique utilisés, mais suivent une organisation commune : chaque séance commence par une activité de motivation généralement basée sur des exemples de la vie quotidienne et des discussions collectives pour stimuler les élèves à mobiliser leurs fonds de connaissances, suivie de l'explication, puis la synthèse et l'évaluation.

L'objectif des entretiens post séances est de comprendre comment l'enseignant réinterprète le contenu à enseigner et propose des moyens d'aide didactique afin de pousser les élèves à exploiter leurs fonds de connaissances dans un contexte bilingue. Pour l'analyse, une grille catégorielle thématique aide à collecter les tendances communes chez les enseignants et les particularités attribuées à chaque enseignant interviewé.

Concernant les contenus scientifiques abordés lors des séances, pour l'appareil respiratoire, les tâches proposées tentent à en identifier les différentes parties et les rôles, à distinguer les étapes de la respiration, et à comparer la composition en gaz de l'air inspiré et de l'air expiré ainsi que celle du sang entrant et du sang sortant des poumons.

4 Au Liban, une école publique offre un enseignement gratuit, elle est financée par l'État qui détermine les critères de choix des directeurs et des enseignants. Une école privée est financée par des frais de scolarité payés par les parents. Les critères de choix des enseignants sont définis par la direction de l'école. Une école privée subventionnée est semi-gratuite, l'État contribue avec les parents dans les frais de scolarité, le choix des enseignants est assuré par les directeurs mais obéit à des lois définis par l'État.

Observer la médiation didactique dans les interactions en classe bilingue

Notre objectif est d'étudier les interactions langagières en sciences dans un contexte bilingue, et de focaliser la médiation didactique mise en jeu pour aider les élèves à construire le savoir scientifique et à développer des compétences langagières nécessaires pour participer au discours scientifique.

Dans ce qui suit, et en raison des contraintes éditoriales, seront explicités uniquement les résultats d'une des séances des exercices sur la respiration dans l'école privée subventionnée. L'enseignante distribue aux élèves des fiches supplémentaires contenant des exercices sur la respiration. Les deux extraits choisis présentent les interactions discursives dans deux exercices : 1) pour comprendre la composition en gaz de l'air inspiré et de l'air expiré, 2) dresser un tableau comparatif entre l'air inspiré et l'air expiré.

L'extrait suivant (extrait 1) montre les échanges lors d'un épisode où l'enseignante explique la présence de la vapeur d'eau dans l'air expiré. Elle se réfère sur la formation de la buée quand on souffle sur une vitre. La tâche proposée aux élèves consiste à relier leurs observations quotidiennes (brouillard, eau formée si on souffle dans un ballon) au contenu scientifique (présence de la vapeur d'eau dans l'air expiré) :

180	Il	Je souffle sur une vitre, j'observe de la buée, que signifie cela ?
192	Z2	الضباب؟ (<u>brouillard?</u>)
193	M	أي الضباب، طيب الضباب شو بيكون مجفوع (oui, brouillard, mais le brouillard contient quoi ?)
194	E	xxx
195	Z2	ماي (<u>de l'eau</u>)
196	M	أي مائي، طيب إذا بنفخ بالون او بنفخ كيس؟ (oui de l'eau, et si je gonfle un ballon ou un sac ?)
197	E	بيصير فيه مائي (il y aura de l'eau)
200	M	اللي عم بضمير من جسمي شو في air يعني في شي مائي عم يطلع من جسمي، يعني شو يعني؟ هذا ال بقلبو؟ <u>Vapeur d'eau</u> في بقلبه بخار ماء (Donc il y a de l'eau qui sort de mon corps, cet air qui sort de mon corps qu'est-ce qu'il contient ? vapeur d'eau. Il contient de la vapeur d'eau)

Extrait 1⁵ : l'air expiré contient de la vapeur d'eau

Sur le plan conceptuel, le recours à l'exemple du brouillard nécessite que les élèves aient une compréhension préalable du changement d'état de la matière. Toutefois, nous n'avons trouvé aucune indication sur le changement d'état dans les séances observées ni dans la préparation de l'enseignante. L'exemple de la formation de l'eau quand on souffle dans un ballon ou dans un sac n'implique pas nécessairement la compréhension de la présence de la vapeur d'eau dans l'air expiré. Si le lien entre les exemples donnés est clair pour l'enseignante, ceci n'implique pas nécessairement la construction de ce lien dans la pensée des élèves, ni la compréhension de la présence de la vapeur d'eau dans l'air expiré. La multiplication des références (brouillard, souffler dans un ballon) sans expliciter clairement le lien crée un écart entre le contenu véhiculé et l'enjeu du contenu scientifique.

Sur le plan langagier, les interactions montrent la présence prégnante du modèle d'interaction question – réponse – feedback où l'enseignante est la principale initiatrice de l'interaction. Elle joue un rôle essentiel dans les interactions à travers ses conduites et les stratégies pédagogiques mises en place. Elle oriente les élèves et guide les discussions vers la réponse attendue et enfin, c'est elle qui prononce le terme vapeur d'eau. Son discours domine celui des élèves de point de vue temps de parole. Dans cet extrait, l'enseignante utilise les fonds de connaissances de ces élèves mais il n'y a pas un espace hybride construit.

Un autre exemple, dans cette même séance d'exercices, la tâche était de dresser un tableau comparatif entre l'air inspiré et l'air expiré. L'enseignante veut expliquer que l'air expiré est plus chaud que l'air inspiré. Elle se base sur un acte simple effectué quotidiennement par les élèves : ils soufflent sur les mains lorsqu'ils ont froid.

227	E1	En hiver, je souffle sur mes mains pour les réchauffer. Qui est plus chaud alors l'air inspiré ou expiré ?
228	M	شو عم يقول لي؟ (<i>qu'est-ce qu'il me dit ?</i>) En hiver
229	E1	في الخريف (<i>en automne</i>)
230	M	في ال؟ (<i>en ?</i>)
231	E1	الشتاء (<i>hiver</i>)
232	M	je souffle ؟ شو قلنا يعني حتى سخنهم، صح؟ <i>pour les réchauffer</i> على أيدي <i>sur mes mains</i> بنفخ، بالقنا مش بنفخ على أيدينا حتى نفهم؟ (<i>Qu'est-ce que j'ai dit, je souffle ? je souffle sur mes mains pour les réchauffer, vrai ? en hiver, je ne souffle pas sur mes mains pour les réchauffer ?</i>) Qui est plus chaud alors l'air inspiré ou expiré ?
233	E	[l'air inspiré, expiré]
234	M	طيب أنا هم بعمل هيك أو هيك؟ (gestes inspiration et expiration) (<i>Je fais comme ça ou comme ça ?</i>)
235	E1	عم بنفخ (<i>je souffle</i>)
236	M	يعني مين بيدفيني أكثر؟ مين سخن أكثر؟ l'air inspiré ou expiré ? (<i>donc qui me réchauffe plus ? qui est plus chaud ? l'air inspiré ou l'air expiré ?</i>)
237	E	expiré
238	M	الهوا اللي بيضهر بيكون سخن أكثر، كرمال هيك عم دفي أيدي فيه (<i>L'air qui sort est plus chaud, c'est pourquoi je réchauffe mes mains par l'air expiré</i>) L'air expiré est plus chaud que l'air inspiré

Extrait 2 : air inspiré et air expiré

Dans cet extrait, l'enseignante pose la question au début en français, ensuite elle mêle le français et l'arabe, en faisant des gestes pour aider les élèves à comprendre. De leur part, les élèves mélangent les deux langues. Donc le translanguage se manifeste clairement dans le discours de l'enseignante et des élèves. Toutefois, malgré que l'enseignante se réfère à une pratique quotidienne (ici un aspect sensible sur la peau), et donc des fonds de connaissances des élèves, il ne s'agit pas d'une création d'un espace hybride proprement dit, puisqu'il n'y a pas de glissement manifeste d'un langage quotidien au langage scientifique (Boyer, 2000). Par contre, se manifeste un fort guidage par l'enseignante pour que les élèves trouvent la bonne réponse « expirée », qu'elle reformule finalement en une phrase complète en français.

L'entretien semi-directif avec l'enseignante montre qu'elle connaît bien le contexte où vivent ses élèves ce qui l'aide à proposer des exemples basés sur leurs expériences et leurs observations quotidiennes pour mobiliser leurs fonds de connaissances. Pour la langue d'enseignement, bien que la politique éducative consiste à utiliser exclusivement la langue française en sciences, les observations montrent un translanguage avec une dominance de la langue maternelle arabe. L'enseignante confirme ces observations en disant « le plus important en sciences est de comprendre le concept scientifique, la langue est apprise dans les séances de français ». Ce qui se manifeste clairement dans sa pratique basée sur la traduction et le translanguage.

Discussion et conclusion

Notre questionnaire portait sur la façon selon laquelle l'enseignante lors de moment de sciences pousse les élèves à interagir dans un contexte bilingue pour construire le contenu scientifique, ici la respiration. Les résultats montrent que les fonds de connaissances des élèves constituent une ressource principale pour stimuler les interactions. Un fort guidage par l'enseignant pour que les élèves trouvent la bonne réponse masque la création d'espace hybride où s'intègrent et s'hybrident le discours quotidien avec le discours scientifique. Le translangage domine ici en classe bilingue pour atténuer l'effet de la langue étrangère. Des élèves évoquent des difficultés à s'exprimer en langue d'enseignement, alors ils ont recours au translangage, aux dessins, ou à la communication gestuelle.

Pour conclure, cette étude révèle l'importance des interactions langagières, et des fonds de connaissances dans l'enseignement des sciences, et montre des difficultés rencontrées par l'enseignante à engager les élèves en classe bilingue. En termes d'intervention, elle permet de proposer l'adoption des stratégies qui semblent aider les élèves à « parler sciences » en atténuant l'effet de la langue étrangère en faveur de l'acquisition d'un langage scientifique lors de la construction du savoir scientifique.

Bibliographie

- Boyer, C. (2000). Conceptualisation et actions didactiques à propos de la reproduction végétale. *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 31, 149-171. DOI:10.4267/2042/8756
- Ducancel, G., & Astolfi, J.P. (1995). Apprentissages langagiers, apprentissages scientifiques. Problématiques didactiques : Regards en arrière et aspects actuels. *Repères*, 12(1), 5–20.
- Gajo, L. (2007). Enseignement d'une DNL en langue étrangère : De la clarification à la conceptualisation. *Tréma*, 28, 37-48. <https://doi.org/10.4000/trema.448>
- Irish, T., & Kang, NH. (2018). Connecting Classroom Science with Everyday Life: Teachers' Attempts and Students' Insights. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(8), 1227–1245. DOI 10.1007/s10763-017-9836-0
- Kamberelis, G., & Wehunt, M. D. (2012). Hybrid discourse practice and science learning. *Cultural Studies of Science Education*, 7(3), 505–534. DOI:[10.1007/s11422-012-9395-1](https://doi.org/10.1007/s11422-012-9395-1)
- Karlsson, A., Nygård Larsson, P., & Jakobsson, A. (2019). Multilingual students' use of translanguaging in science classrooms. *International Journal of Science Education*, 41(15), 2049–2069. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1477261>
- Karlsson, A., Nygård Larsson, P., & Jakobsson, A. (2020). The continuity of learning in a translanguaging science classroom. *Cultural Studies of Science Education*, 15(1), 1–25. DOI:[10.1007/s11422-019-09933-y](https://doi.org/10.1007/s11422-019-09933-y)
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*. Ablex Publishing Corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, NJ 07648.
- Tiberghien, A. (2003). Chapitre 8. Des connaissances naïves au savoir scientifique. *Les sciences cognitives et l'école*, 353-413.
- Ünsal, Z., Jakobson, B., Molander, B.O., & Wickman, P.O. (2018). Language Use in a Multilingual Class: A Study of the Relation Between Bilingual Students' Languages and Their

- Meaning-Making in Science. *Research in Science Education*, 48(5). 1027–1048.
<https://doi.org/10.1007/s11165-016-9597-8>.
- Vygotsky, L. (1997). *Pensée et Langage*, Paris, Éditions La Dispute.
- Yin, R.K. (2009). *Case Study Research, Design and Methods*, 4th edition, Thousand Oaks, CA
London, Sage Publications.
- Zaid, A. (2012). Étude de l'interaction enseignant-Élèves en physique au lycée. Enseigner
comme agir sur les performances didactiques des élèves. *Éducation et didactique*, 6(3),
125-146.
- Zaid, A., Boyer, C., Cohen-Azria, C., et Egginger, J.-G. (2012). Analyse de l'action
d'enseignement du point de vue des performances didactiques des élèves. Faire écrire en
« Découverte du monde » à l'école primaire. *Recherches en didactiques*, 13(1), 85–105.
- Zaid, A. (2016). Les processus d'écriture dans les dispositifs de formation technologique
universitaire : Une entrée pour rendre compte des savoirs et des temporalités en jeu.
Langues, Cultures et Sociétés, 2(1), 116-133.
- Zaid, A. (2017). *Élaborer, transmettre et construire des contenus. Perspective didactique des
dispositifs d'éducation et de formation en sciences et technologie*. Rennes : Presses
universitaires de Rennes.

Pratiques enseignantes accompagnant la problématisation de la circulation sanguine : inducteurs, déterminants et inhibiteurs de problématisation

Maud Pelé¹, Patricia Crepin-Obert¹

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz, Université de Paris Cité, Université Paris-Est Créteil (UPEC), CY Cergy Paris Université, Université de Lille, Université de Rouen Normandie

Résumé

Cette contribution propose une synthèse d'un travail doctoral portant sur l'analyse des pratiques de trois enseignantes accompagnant la problématisation de la circulation sanguine d'élèves de cycle 4. S'appuyant sur le cadre de la problématisation et de ses aides, les caractéristiques des inducteurs et des déterminants des enseignantes favorables à la problématisation sont relevées et analysées. Des inhibiteurs de problématisation sont également repérés. Suite aux analyses menées, des propositions d'aménagement des modèles des inducteurs de problématisation et des déterminants de problématisation sont proposées.

Mots-Clés : Circulation sanguine ; Pratiques enseignantes ; Inducteurs de problématisation ; Déterminants de problématisation ; Inhibiteurs de problématisation

Pratiques enseignantes accompagnant la problématisation de la circulation sanguine : inducteurs, déterminants et inhibiteurs de problématisation

Introduction

Cette contribution, issue d'un travail doctoral, présente la synthèse de trois études de cas afin de proposer un aménagement et une articulation de deux modèles de l'accompagnement enseignant à la problématisation des élèves : les inducteurs et les déterminants de problématisation.

Cadre théorique et problématique

Cette communication s'inscrit dans le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation (Fabre, 1999 ; Orange, 2005) et s'intéresse plus spécifiquement aux pratiques enseignantes favorisant le développement d'une problématisation. En articulant et mettant en tension des éléments du registre empirique et des modèles explicatifs variés, les élèves explorent le champ des possibles et dégagent un savoir apodictique. Les pratiques de problématisation en classe posent le problème des aides apportées par les enseignants. Fabre et Musquer (2009) définissent les inducteurs de problématisation comme des aides bien spécifiques ayant pour objectifs d'engager l'activité de problématisation des élèves (dimension cognitive) en développant une argumentation (dimension argumentative) en lien avec les savoirs travaillés (dimension épistémique). Si l'enseignant propose un inducteur potentiel en classe, il faut que l'élève le transforme en inducteur réel en classe. Pour comprendre les conditions permettant cette transformation des inducteurs, nous mobilisons le modèle des déterminants de problématisation (Crépin-Obert, 2017). Ceux-ci correspondent aux aménagements du milieu pédagogique et didactique réalisés par l'enseignant favorisant le développement des aides à la problématisation, dont les inducteurs. Nous cherchons à comprendre comment des enseignants accompagnent la problématisation d'élèves de cycle 4 sur la circulation sanguine. Quels sont les types d'inducteurs repérés chez des enseignants qui aident les élèves à problématiser ? Quels sont les déterminants de problématisation repérés dans les pratiques enseignantes qui permettent la transformation des inducteurs prévus en inducteurs réels ?

Méthodologie mise en œuvre

À partir d'une double enquête didactique et historique, nous avons conçus des outils pour les élèves d'une part, et pour l'enseignant d'autre part. Les outils pour la classe, un dialogue sur la controverse entre irrigateurs et circulateurs et des schémas des modèles historiques des mouvements du sang, sont pensés comme des inducteurs potentiels de problématisation. Les outils pour l'enseignant visent à développer ses déterminants didactiques et épistémologiques. Il s'agit d'une grille d'analyse des conceptions des élèves sur la circulation sanguine, des repères sur l'histoire de ce concept et les attendus d'une problématisation scolaire. Les séances dans trois classes de cycle 4 ont été filmées et

transcrites ainsi que les entretiens pré et post séance avec les enseignantes. Pour chaque séance, les inducteurs sont repérés et analysés chez l'enseignante ainsi que leurs effets sur la problématisation des élèves. Pour les déterminants de problématisation nous avons analysé, au niveau du pôle pédagogique, la gestion collective et individuelle du débat par l'enseignante, et au niveau du pôle psychologique l'aide apportée à l'entrée en questionnement des élèves. Au niveau didactique, l'aide au raisonnement scientifique est analysée en fonction de la réticence ou de l'institutionnalisation du savoir par l'enseignante. Le pôle épistémologique analyse la transposition du savoir savant réalisé.

Mise en perspective de l'accompagnement à la problématisation de trois enseignantes

Nous faisons ici le choix de présenter une synthèse des trois études de cas, nommées P1, P2 et P3 par la suite, mais pour chacune nous avons réalisé au préalable une analyse de la problématisation des élèves et de l'accompagnement enseignant (Pelé, 2023). Les modélisations des inducteurs et des déterminants de problématisation de l'enseignante P2 sont présentées pour exemple en annexe.

Relation entre inducteurs prévus et inducteurs émergents

Toute problématisation reposant sur des interactions langagières, nous relevons dans les trois classes, à côté des inducteurs prévus en amont par les enseignantes, des inducteurs émergeant de la dynamique des échanges.

Les inducteurs émergents peuvent accompagner le développement des inducteurs prévus. Dans la classe de P3, un groupe d'élèves essaient de comprendre la différence entre une veine et une artère à partir de schémas des deux modèles historiques (irrigateur et circulateur) et proposent que « les veines montent et les artères descendent » (occ. 179). Écoutant la discussion, l'enseignante retourne de 180° la feuille où sont représentés les schémas et demande « est-ce qu'on peut dire qu'elles montent parce qu'on peut le prendre dans n'importe quel sens le schéma » (occ. 180). Son intervention conduit les élèves à réfléchir à la distinction des vaisseaux autrement. Ainsi, elle accompagne le travail des élèves sur l'inducteur prévu, le schéma des modèles historiques, sans donner la réponse mais en pointant les limites de leur proposition.

Les inducteurs émergents préparent aussi la transformation d'un inducteur prévu. Dans la classe de P1, dès le début du débat, l'élève Jibrill rejette le modèle irrigateur car sinon « le sang il est accumulé dans ma tête du coup je meure donc c'est faux » (occ. 16). L'enseignante renvoie plusieurs fois cette proposition aux élèves. La classe ne s'empare pas dans un premier temps de cet inducteur émergent. L'impossibilité du modèle irrigateur pointée par Jibrill n'est admise qu'après l'introduction de l'inducteur prévu, la partie du dialogue où Harvey évalue la quantité de sang arrivant aux organes et rejette une accumulation aussi importante. L'inducteur prévu est d'autant plus efficient qu'il résonne avec l'inducteur émergent.

Des inducteurs au potentiel différent

L'analyse des inducteurs des trois enseignantes permet de dégager l'existence d'inducteurs de potentialité différente. Utilisé dans les trois classes, le dialogue joue pleinement son rôle d'inducteur. Dans la classe de P2, il conduit les élèves à discuter autour des deux solutions proposées (l'irrigation ou la circulation) et à dégager une contrainte, la non-accumulation du sang, et une nécessité, celle d'un retour du sang au cœur (cf. annexe 1). Des éléments similaires sont repérés dans les deux autres classes. Ce dialogue possède bien la triple fonction d'un inducteur : il interroge plusieurs modèles de la circulation du sang (dimension épistémique), conduit les élèves à rechercher des contraintes ou des nécessités (dimension cognitive) en développant leur argumentation (dimension argumentative). Nous avons retrouvé de tels inducteurs dans les trois classes. Par exemple, un tableau résumant les arguments proposés par la classe P1 validant ou invalidant les différents modèles ou une maquette à réaliser chez P2 (cf. annexe 1). Ces inducteurs possédant ces trois dimensions peuvent être catégorisés comme des inducteurs de haut potentiel.

Mais il existe aussi des inducteurs où les trois dimensions ne sont pas toutes présentes et qui possèdent un potentiel plus faible. Analysons chez l'enseignante P2, deux questions jouant le rôle d'inducteur en invitant les élèves à réfléchir aux modèles irrigateur de Riolan et circulateur de Harvey.

137	P : est-ce que Riolan a raison ?
203	P : pour quelles raisons Harvey a raison ?

Les deux questions posées engagent les élèves à réfléchir aux modèles en discussion. Les dimensions épistémique et cognitive sont présentes. Mais la formulation fermée de la première question possède une dimension argumentative faible. La seconde formulation invite à rechercher les raisons qui conduisent à valider le modèle circulateur de Harvey. Le potentiel argumentatif du second inducteur est beaucoup plus élevé que celui du premier.

Le haut potentiel d'un inducteur ne garantit pas pour autant sa transformation en inducteur réel. Dans la classe de P2, l'obstacle de l'irrigation et celui de l'homogénéité de la matière sont présents chez l'élève Eliott et donne de la cohérence à son modèle explicatif où le sang est consommé par les organes. Bloqué sur son modèle explicatif, il ne peut entrer en problématisation : la fonction cognitive est absente et la dimension argumentative ne peut se développer en raison de son refus d'envisager une autre solution possible. Se dégage ici l'importance de la rencontre entre l'inducteur et l'activité cognitive de l'élève.

Déterminants et inhibiteurs de problématisations

Dans les problématisations analysées, un équilibre dynamique s'établit entre les différents déterminants de problématisation. Le choix de la réalisation d'un débat (déterminant pédagogique) et d'un questionnement important (déterminant psychologique) centré sur des savoirs bien identifiés (déterminant didactique), visant l'exploration du champ des possibles autour d'un problème (déterminant épistémologique), jouent ensemble pour favoriser la transformation des inducteurs en acte dans la classe.

Mais nous avons aussi relevé plusieurs inhibiteurs de problématisation c'est-à-dire des éléments du milieu didactique et pédagogique qui ont bloqué la construction de problème.

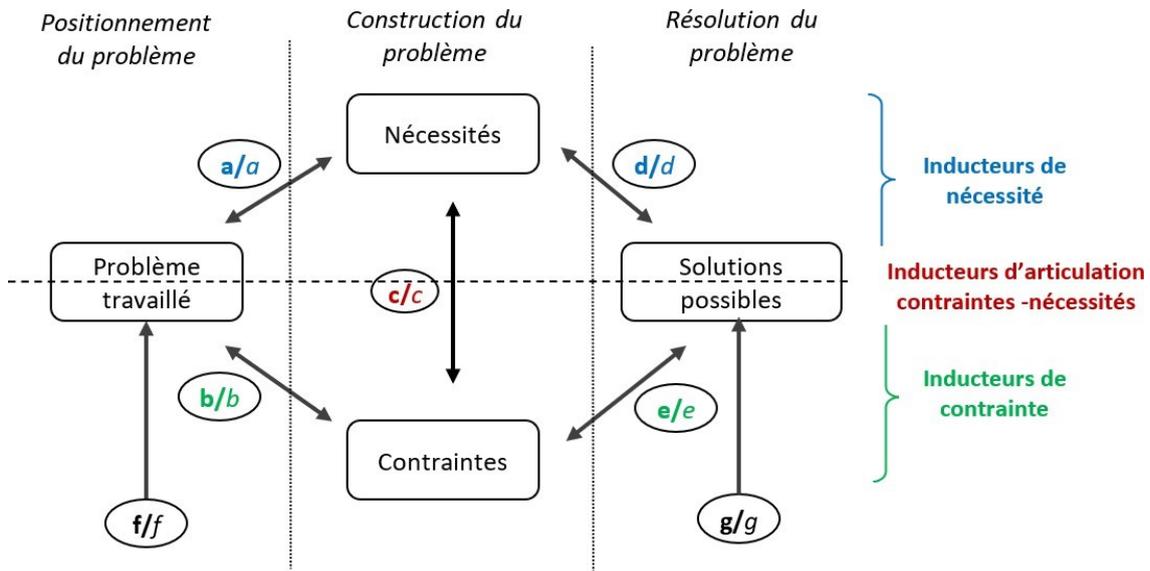
Le premier inhibiteur relevé est un accompagnement enseignant insuffisant. Dans la classe de P3, le travail est réalisé exclusivement en groupe de 5 élèves et tous les groupes n'ont pas reçu le même type d'accompagnement de la part de l'enseignante. Le groupe A, ayant réalisé la problématisation la plus poussée, a bénéficié de 70 interventions de l'enseignante alors que les autres n'en ont eu qu'entre 5 et 11. Tous les groupes ont reçu les mêmes inducteurs prévus, mais si dans le groupe A, ils ont fait résonance à leur réflexion, il n'en fut pas de même pour les autres où l'enseignante n'a pas assisté aux échanges des élèves et n'a pas pu choisir le bon moment pour les introduire. Par ailleurs, les interventions enseignantes dans ces groupes ont été davantage des régulations et non des questionnements. Un moindre questionnement enseignant est un second inhibiteur à la problématisation des élèves.

Le troisième inhibiteur est la concomitance entre un travail à la fois écrit et oral. Les élèves devaient échanger entre eux mais ils ont reçu une feuille de réflexion individuelle envisagée comme un support à l'oral. Ils sont pris en tension entre débattre ou répondre à l'écrit aux questions posées. Le groupe ayant le plus problématisé s'affranchit très vite des consignes écrites. Pour les autres, la priorité est d'apporter une réponse aux questions posées au détriment des échanges oraux et des explications données, comme quand Laïla indique « on doit dire quel est le schéma on doit pas dire ses idées » (occ. 158).

Proposition d'aménagement des modèles des inducteurs et des déterminants de problématisation

Aménagement du modèle des inducteurs de problématisation

Nous avons utilisé le losange de problématisation proposé par Fabre et Musquer (2009) non pour concevoir des inducteurs mais pour analyser ceux présents dans une séance de classe. Ce choix et les analyses menées nous conduisent à proposer quelques aménagements (figure 1).



En gras : inducteurs prévus, en italique : inducteurs émergents

Figure 1 : Modèle des inducteurs de problématisation (d'après Fabre et Musquer, modifié)

Nous utilisons les termes de contraintes et de nécessités plutôt que ceux de données ou conditions proposées. Les contraintes mobilisées lors des problématisations résultent d'une véritable construction et ne sont pas toujours accessibles à l'observation directe (comme le sens du sang déduit des expériences de section des vaisseaux). Le terme contrainte paraît plus robuste et moins ambigu que le terme de donnée. Le terme de condition porte moins à discussion quant à ce qu'il regroupe, mais il paraît moins fort que celui de nécessité.

En accord avec d'autres recherches (Schneeberger & Lhoste, 2010), les problématisations analysées s'incarnent dans un double mouvement soit vers les contraintes soit vers les nécessités. Pour mettre en évidence l'accompagnement enseignant dans ce double mouvement, nous proposons de regrouper les inducteurs de type a et d sous le nom d'inducteurs de nécessité et les inducteur de type b et e comment des inducteurs de contrainte. Le repérage lors d'une problématisation scolaire de ces deux types d'inducteurs ainsi que les inducteurs de type c, permettant d'articuler contraintes et nécessités, permet d'établir l'efficacité de l'accompagnement enseignant lors de la problématisation des élèves.

Aménagement du modèle des déterminants de problématisation

Au niveau du pôle didactique, le modèle initial des déterminants analyse le jeu entre réticence et institutionnalisation du savoir mené par l'enseignant (Crépin-Obert, 2017). Mais entre les deux, ce sont des suggestions, des mises en perspectives, des renvois aux élèves qui permettent de faire avancer la problématisation. Ce sont ces interventions enseignantes qui correspondent à la présentation d'inducteurs aux élèves. La figure 2 propose une grille en ajoutant l'induction au jeu réticence-institutionnalisation.

Catégorisation des interventions enseignantes	Place dans le jeu réticence-induction-institutionnalisation
Absence de réponse	Réticence
Jeu d'ignorance assumé	
Demande d'un modèle explicatif	Induction
Prise en compte des différents modèles élèves	
Validation implicite d'un modèle	
Demande de réflexion sur les différents modèles proposés	
Mise en perspective des différents modèles	
Renvoi aux élèves des contradictions entre les différents modèles	
Renvoi aux élèves du problème posé par un modèle	
Repérage et prise en compte des obstacles des élèves	
Centre le débat sur le savoir visé, les problèmes travaillés	
Formulation du problème	
Apport d'informations pour éprouver un modèle	Institutionnalisation
Validation partielle d'un modèle	
Validation (ou invalidation) explicite d'un modèle	
Apport de solutions	

Figure 2 : Grille d'analyse des interventions didactiques enseignantes

Conclusion

La problématisation s'appuie sur une co-construction entre les élèves et l'enseignant. La typologie des inducteurs retrouvés dans les trois études de cas montre que ce sont des outils pertinents pour analyser l'aide à la problématisation apportée par l'enseignant. Le modèle, des déterminants de problématisation analyse les conditions dans la pratique enseignantes permettant la transformation des inducteurs potentiels en inducteurs réels en classe. A contrario, les inhibiteurs identifient les éléments de la pratique enseignante défavorables à la problématisation des élèves. En complément de ce travail, il serait intéressant d'analyser les éléments chez les élèves les conduisant à s'emparer d'un inducteur proposé.

Bibliographie

- Crépin-Obert, P. (2017). Pratique de débat et problématisation en paléontologie. In M. Bächtold, J.-M. Boilevin, & B. Calmette (éds.), *La pratique de l'enseignant en sciences : Comment l'analyser et la modéliser ?* (p. 65-94). Presses universitaires de Louvain.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.fabre.1999.01>

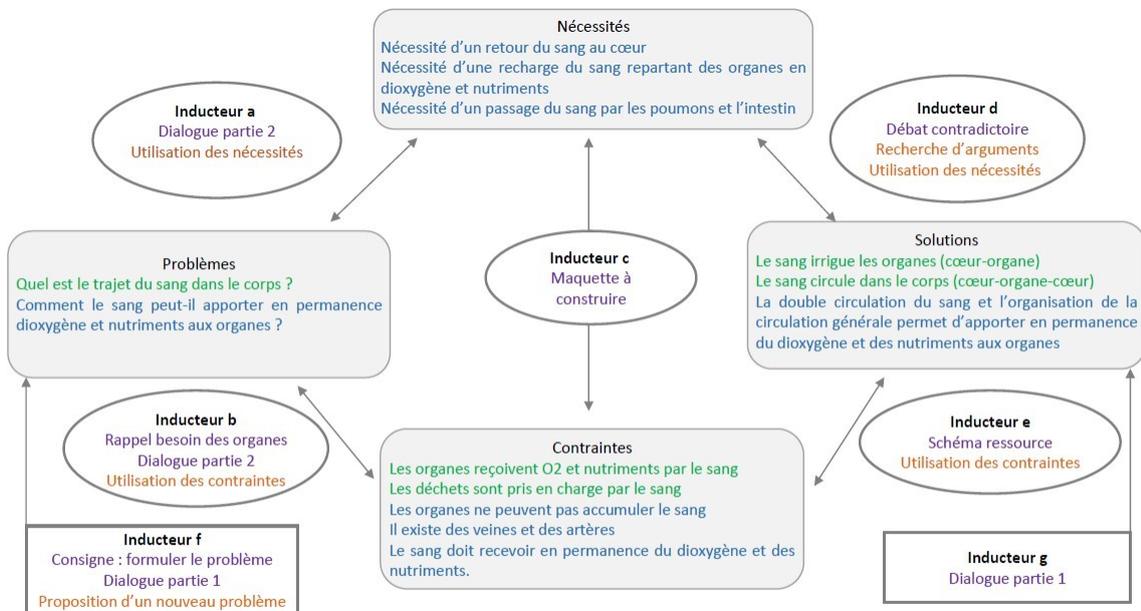
Fabre, M., & Musquer, A. (2009). Les inducteurs de problématisation. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, Vol. 42(3), 111-129.

Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, (40), 2-11.

Pelé, M. (2023). *Pratiques enseignantes et problématisation de la circulation sanguine via l'histoire des sciences* [Thèse de doctorat, Université Paris Cité].

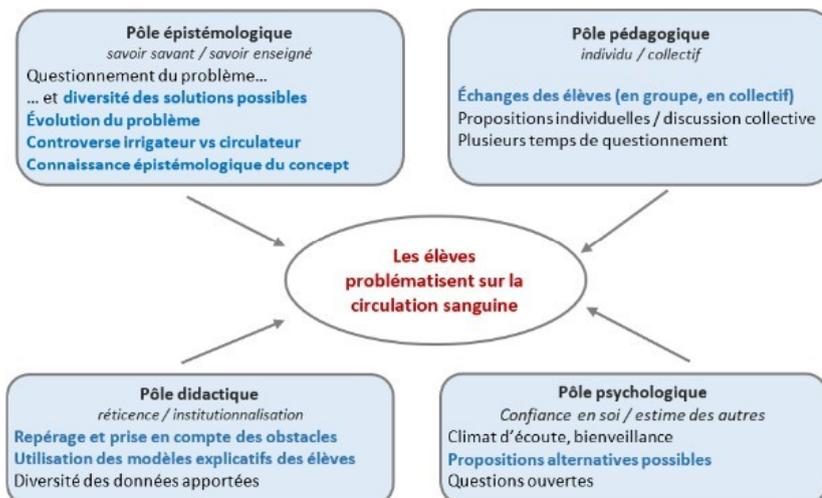
Schneeberger, P., & Lhoste, Y. (2010). Le rôle de l'enseignant dans l'évolution du questionnement des élèves en classe de sciences de la vie et de la Terre (SVT). In M. Fabre, A. Dias de Carvalho, & Y. Lhoste, *Expérience et problématisation en éducation. Aspects philosophiques, sociologiques et didactiques* (Afrontamento, pp. 183-203). Porto.

Annexe



Légendes : - Composants de la problématisation : ce qui est posé dans la situation de départ / ce qui apparaît lors de la problématisation
- Inducteurs : inducteurs prévus en amont et utilisés en classe / inducteurs émergents lors de la séance

Modélisation des inducteurs repérés chez l'enseignante lors de la problématisation de la circulation sanguine – Classe de P2



Les déterminants identifiés chez l'enseignante P2 lors de l'accompagnement de la problématisation des élèves (en bleu, les déterminants développés grâce aux outils)

Choix didactiques d'enseignants de physique en Lycée Professionnel sur l'électricité. Étude comparative entre un cas français et un cas brésilien

Luz Helena Martinez Barrera*¹

¹Univ Paris Est Créteil, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, Univ Rouen,
LDAR, F-94010 Créteil, France – Laboratoire de Didactique André Revuz – France

Résumé

Nous souhaitons par cette étude porter une réflexion sur la construction de connaissances en électricité, concernant notamment la tension électrique, à travers les pratiques enseignantes ayant lieu en alternance avec la formation au métier de l'enseignement. Cette étape de l'étude vise une description des choix didactiques de deux enseignants dans deux lycées professionnels : l'un français, l'autre brésilien. En particulier, nous nous intéressons aux choix liés à la formulation d'un problème scolaire portant sur une contradiction apparente entre l'électricité fournie par le secteur et celle nécessaire au fonctionnement de dispositifs tels que le téléphone portable. L'approche comparative impliquant ces enseignants, permet d'identifier et de mettre en valeur les particularités de ces pratiques, décrites en termes de fonctions du problème scolaire. Nos résultats dans ces termes pointent sur des choix très proches ou bien complètement opposés.

Mots-Clés: Didactique de la physique, Lycée professionnel, Analyse de Pratiques, Choix didactiques, Tension électrique

Choix didactiques d'enseignants de physique en Lycée Professionnel sur l'électricité

Etude comparative entre un cas français et un cas brésilien

Introduction

Nous souhaitons par cette étude porter une réflexion sur la construction de connaissances possibles autour de l'enseignement de l'électricité. En particulier, des notions abstraites telles que la tension électrique peuvent être vues comme *monumentalisées* ou non problématisées. Nous nous proposons d'analyser des pratiques enseignantes en lycée professionnel. Notre choix s'inscrit ainsi dans des prescriptions institutionnelles visant des savoirs en contexte. L'approche comparative impliquant deux enseignants dans deux pays différents, permet d'identifier et de mettre en valeur les particularités de ces pratiques. Dans cette étude, un même problème scolaire est présenté par ces enseignants, il consiste à introduire une contradiction apparente entre l'électricité fournie par le secteur (en tension alternative) et celle nécessaire au fonctionnement de dispositifs tels que le téléphone portable (en tension continue). Ce sont les choix didactiques guidés par cette intention que nous souhaitons analyser ici.

Quelques aspects problématiques de l'enseignement et de l'apprentissage de la tension électrique

L'électricité apparaît dans les programmes du cycle 4 à travers la réalisation de circuits simples pour *exploiter les lois de l'électricité* (MEN, 2020a). Dès l'école primaire, les représentations des élèves sur l'électricité sont fortement *substantialistes* : la pile est considérée comme un *contenant de l'électricité, celle-ci* sortant d'une borne et circulant vers l'autre borne d'un circuit (Tiberghien et Delacôte, 1976). La notion de différence de potentiel n'est pas opératoire pour la résolution de problèmes et/ou l'analyse de circuits, pour lesquelles le raisonnement en termes de courant est privilégié (Viennot, 1996; Dupin et Johsua, 1986; Closset, 1989). Au niveau du collège, certains auteurs pointent des difficultés associées à la manière de penser la proportionnalité dans le formalisme de la loi d'Ohm, à propos de laquelle les élèves convoquent des rationalités différentes (physique ou mathématique) (Malafosse, Lerouge et Dusseau, 2001)

Pour le lycée professionnel, les programmes de Seconde (MEN, 2019) ciblent la distinction entre *une tension continue et une tension alternative*. En effet, en physique, la source de

¹ Univ Paris Est Créteil, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, Univ Rouen, LDAR, F-94010 Créteil, France

Laboratoire de Didactique André Revuz

tension peut être continue ou bien alternative (Neffati, 2008) lorsque le but est de transporter l'électricité sur une certaine distance. La notion de transformation de tension électrique, dans le contexte de la distribution d'électricité, pourrait aider à comprendre l'existence et les différences entre ces deux tensions, mais le fonctionnement d'un transformateur n'est prévu que pour la classe de Première Professionnelle, pour les groupements de spécialité 1 et 2 (MEN, 2020b). A cela rajoutons les discussions portées par Robert, Khantine-Langlois, Munier et Dusseau (2008) qui pointent la tendance des apprenants à appliquer les règles des grandeurs continues aux grandeurs variables et *la difficulté à donner du sens au concept de valeur efficace*. Ils proposent d'étendre cette réflexion au-delà du formalisme mathématique (souvent placé à l'origine du problème) à la question de la mesure.

Le choix d'un problème scolaire au cœur des organisations du savoir

Le programme d'étude (Artigue et Winslow, 2010) répond à une organisation du savoir par niveaux définie au sein d'institutions scientifiques, sociales et politiques, entre autres, concernant plusieurs échelons : régional, national, local. Nous avons commencé par une première étude des organisations du savoir lors d'un travail précédent (auteurs, 2021) : de la classe de seconde professionnelle française des Métiers de l'électricité et de ses environnements connectés (K=10) et de la 2^{ème} année en maintenance et support informatique pour jeunes et adultes en lycée professionnel (K=10). Elle pointe une distinction entre la présence de l'électricité et les mathématiques pour le cas français, et l'électricité et le magnétisme pour le cas brésilien² (Annexe 1). Ces organisations nous permettraient de mieux comprendre ce qui relèverait du choix de deux enseignants, en particulier, la formulation et l'introduction d'un même questionnement initial avec un but d'enseignement. La différence entre les deux organisations met en évidence la différence entre les contenus à enseigner. Nous nous demandons si ces deux objectifs peuvent être atteints par un même questionnement initial. Une analyse nous semble nécessaire du point de vue de la construction du savoir. Nous souhaitons, par ce travail, amorcer une réflexion à ce propos.

Dans le contexte scolaire, la résolution de tâches ou de problèmes mathématiques peut devenir un automatisme, impliquant une perte de sens ou de raison d'être de l'étude. Dans ce cas, la tâche est dite *monumentalisée* (Chevallard, 2004). La difficulté des élèves à mobiliser la notion de tension électrique peut être en lien avec un caractère *monumentalisé* ou *non construit*, du fait des automatismes déjà signalés par certains auteurs dans la résolution de problèmes en physique (Dumas-carré, Caillot, Martinez-Torregosa et Gil-Pérez, 1989). Dépasser ces automatismes, par la construction du savoir, requiert que les élèves donnent du sens aux problèmes scolaires (Fabre et Orange, 1997).

² N'ayant pas de préconisation officielle de progression pour cette classe, l'enseignante utilise comme référence le programme de la classe de 3^{ème} année brésilienne de l'enseignement général (*Ensino Medio*, K=11). Cela représente pour nous un choix de l'enseignante.

Le problème scolaire, rappelait Fabre (1997), se distingue d'un exercice *ciblé* par son ouverture et sa complexité : il provoque chez l'élève une prise d'initiative en dépassant la résolution de tâches simples (Richard, 1990 cité par Fabre, 1997, p 50). Intéressés par l'étude de la construction du savoir, nous souhaitons explorer de plus près les problèmes scolaires formulés par les enseignants, ce qui peut donner lieu à des expressions particulières de leur pratiques dans le cadre de leur formation au métier de l'enseignement.

Cadre théorique et question de recherche

Lors de l'étude précédente (auteurs, 2021), nous avons suivi la proposition de Vander-Borghht (2006) qui s'intéressait à une analyse des problèmes formulés au but de l'apprentissage à partir de différents critères. Nous proposons ici d'en retenir ceux associés aux trois fonctions du problème (Fabre, 1997).

La première fonction du problème nommée signification, évoque la valeur épistémologique. Les contours d'une épistémologie de l'électricité (traitée plus haut) suggèrent un niveau d'abstraction élevée, notamment lors de l'enseignement de la tension électrique. Fabre (1997) explique la valeur du savoir en soulignant l'articulation entre le déclaratif et le procédural : du *savoir que* au *savoir comment* (idem, p 50). Nous délimitons notre premier critère retenu à ce que Vander Borghht nomme **Sens**. Nous l'entendons ainsi : **quelles sont les conditions prévues par l'enseignant pour que l'élève soit capable d'associer des expériences à des explications qui mobilisent la notion de tension électrique ?**

La deuxième fonction porte sur la manifestation, ce qui motive l'élève à s'engager dans la tâche. Nous évoquons l'un des facteurs possibles portant sur la perception que l'élève a de la tâche à réaliser, sur sa capacité à la contrôler (Viau, 2004). C'est pourquoi nous y associons le critère d'analyse que Vander Borghht appelle **But**, à partir duquel l'élève pourra évaluer la solution qu'il produit de la tâche réalisée. Nous l'entendons par **le questionnement introduit et formulé par l'enseignant et les éléments qui permettraient d'imaginer et évaluer ses solutions.**

La troisième fonction est la référence, elle inscrit le problème scolaire dans des pratiques sociales (p.e. marchands, artisans). Ceci suppose une certaine complexité de la tâche, essentielle au critère nommé **Traitement** par Vander Borghht. La forme des connaissances dans des contextes de référence est une problématique travaillée par la théorie anthropologique du didactique à partir de la notion de praxéologie (Chevallard, 1999). Etudier les praxéologies signifie décrire deux composants principaux : d'une part, un bloc pratique : la tâche que les élèves doivent réaliser et la (les) technique(s) de réalisations possibles pour résoudre cette tâche ; d'autre part, un bloc théorique : la(les) technologie(s), soit, le discours porté sur la technique et la théorie qui fonde ces technologies. Nous nous intéressons ici au bloc pratique, en entendant ce critère comme **les parcours de résolutions du problème prévus pour l'élève.**

Ces éléments permettent de synthétiser notre question de recherche ainsi : **quels sont les choix des enseignants observés pour la formulation des problèmes scolaires du point**

de vue de leur sens, but et traitement afin de travailler la distinction entre tension alternative et continue ?

Méthodologie de recueil et analyse de données

Nous avons étudié les pratiques de deux enseignants en formation en alternance devant deux classes (K=10, citées plus haut) en lycée professionnel, l'un français et l'autre brésilien. Nous avons conçu un questionnaire qui nous a permis de mieux connaître leur profil (Annexe 2) et estimer une comparaison possible sur la base de critères tels que : années d'expérience, matières enseignées, profil des classes à enseigner (Annexe 3). Pour la description de leurs choix, nous avons conçu une fiche descriptive que les enseignants devaient remplir à propos de la séquence proposée. Elle contient entre autres : la structure de la séquence, les objectifs, les supports, les activités réalisées, le matériel, les sources d'inspiration, etc. Ces informations ont été confrontées et complétées par celles constatées dans les supports de cours (fiches élève et enseignant) présentés dans le cadre de leurs formations.

Pour analyser les informations recueillies, nous avons procédé dans un premier temps à une lecture flottante des supports, afin de repérer des éléments qui pouvaient correspondre à nos catégories (sens, but et traitement). Dans un deuxième temps, nous avons établi les tâches demandées aux élèves à partir des progressions déclarées dans les fiches descriptives et les activités proposées sur les supports. Cette transcription de données apporte une idée plus précise à propos de notre catégorie « **Traitement** ». Ces informations ont été ensuite relues afin d'identifier des éléments portant sur « **le But** » et « **le Sens** ».

Résultats

Les réponses obtenues au questionnaire « profil » ainsi que les tâches décrivant les séquences d'enseignement pour les deux enseignants observés, sont condensées dans les tableaux figurant en annexe 3. Nous nous limitons dans ce qui suit à rendre compte des résultats relatifs à notre question de recherche.

Sens : cette catégorie est présente chez ces enseignants de manière différente, nous l'observons par la place donnée à l'expérience et aux données expérimentales. Pour Alain, l'expérience associée à la tension électrique est celle fournie par la mesure lue sur un écran d'oscilloscope, ce dernier étant branché à un chargeur de téléphone portable puis à un générateur. Les explications reposent sur l'analyse des graphiques données par l'oscilloscope. En revanche Silvia présente des objets (boussole, trombone, fils électriques, etc.) et propose une expérimentation libre aux élèves mais orientée (par le choix du matériel) vers la recherche d'une relation entre champ électrique et champ magnétique. Le sens de la valeur efficace n'est pas du tout évoqué par Sylvia ; cette grandeur est introduite par Alain par le biais de sa formule incluant la valeur de tension maximale lue directement sur les graphiques³. Une distinction entre ces grandeurs est suggérée par Alain lors de l'usage

³ $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$

d'instruments de mesure : voltmètre pour la valeur efficace, oscilloscope pour la tension maximale.

But : l'introduction d'une comparaison du point de vue du fonctionnement de deux dispositifs, est quasiment la même mais justifiée différemment. Pour Alain, elle est appuyée essentiellement sur la lecture des graphiques (continue et sinusoïdale) produites par l'oscilloscope ou l'ordinateur et reprise au long des activités. Pour Sylvia, la comparaison se fait à l'aide des lectures précisant l'inadéquation entre deux courants électriques (sens de flux d'électrons) qui devraient être liées par le circuit. Cette inadéquation n'est pas vérifiée expérimentalement par les élèves.

Traitement : Nous observons que les enseignants proposent des notions et des expériences amorçant l'introduction du problème scolaire. Celui-ci occupe une place variable selon l'enseignant observé : Pour Sylvia, les tâches au long de la séance sont en lien avec le problème et suggèrent de l'étudier, entre autres, au sein d'un contexte historique, social et technique ; Pour Alain, cette place est limitée à une seule séance et au bénéfice de l'enseignement d'une méthode de résolution donnée, que le problème servira à justifier. De ce fait, ce dernier resterait circonscrit au contexte mathématique.

Conclusion

Nous tenons d'abord à préciser le caractère ponctuel de cette étude. Elle nous a permis d'identifier chez ces deux enseignants des choix en termes de formulation du problème scolaire, à savoir, la manière dont ils opposent le fonctionnement d'un chargeur électrique et la prise du secteur. Le critère associé au **Sens**, suggère une asymétrie de l'intervention des explications des élèves, de la présence ou non de l'expérimentation pour l'introduction du problème et de la mobilisation de rationalités (mathématique ou physique). En termes de **But**, les enseignants s'accordent à proposer des éléments de réponse au problème : par la lecture de textes présents dans les supports ou par des procédures données. Des différences sont toutefois constatées dans le traitement de données : présent et structurant la séquence ou bien complètement absent. Enfin, le **Traitement** met en évidence une seule manière de résoudre le problème scolaire proposée et guidée par chaque enseignant. En particulier, les notions de courant et de tension sont utilisées de manière exclusive pour chacun des cas sans évoquer le lien entre ces grandeurs. La notion de transformation est mobilisée dans un cas, mais concernant seulement la grandeur du courant électrique (d'alternatif au continu). L'une de deux progressions didactiques est riche en notions associées aux savoirs de référence divers ; l'autre, plus modeste, est circonscrite dans des procédures mathématiques de résolution d'un exercice donné.

Bibliographie

- Auteurs, (2021). Teacher training and problematization – Reflections on the practice of professional education teachers in a comparative perspective (Brazil and France). In IOSTE letters (Eds). *Official Journal of the International Organization for Science and Technology Education*. 1, 147-155
- Artigue, M., & Winsløw, C. (2010). International comparative studies on mathematics education: A viewpoint from the anthropological theory of didactics. *Recherches en didactique des mathématiques*, 30(1), 47-82.
- Chevallard, Y. (2004). Vers une didactique de la codisciplinarité. Notes sur une nouvelle épistémologie scolaire.
- Chevallard, Y. (1999). La recherche en didactique et la formation des professeurs: problématiques, concepts, problèmes. *Actes de la Xe Ecole d'Eté de didactique des mathématiques* (Houlgate 18-25 aout 1999), 98-112.
- Closset, J. L. (1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 931-948.
- Dumas-carré A, Caillot M., Martinez-Torregrossa J., Gil-Pérez D. (1989). Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire : une tentative de synthèse. In : *Aster*, 8, Expérimenter, modéliser. 135-160
- Dupin, J. J., et Johsua, S. (1986). L'électrocinétique du collège à l'université. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 683, 779-800.
- Fabre, M. (1997). Pensée pédagogique et modèles philosophiques : le cas de la situation-problème. *Revue française de pédagogie*, 49-58.
- Fabre M. & Orange C. (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Malafosse, D., Lerouge, A., & Dusseau, J. M. (2001). Étude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège: changement de cadre de rationalité. *Didaskalia*, 18(1), 61-98.
- MEN, (2019). Programme de physique-chimie pour la seconde professionnelle. BO spécial du 11 avril 2019.
- MEN, (2020a). Programme d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4). BOEN n° 31 du 30 juillet 2020.
- MEN, (2020b). Programme de physique-chimie pour la première professionnelle. BO spécial n°1 du 6 février 2020.
- Neffati, T. (2008). *Électricité générale-2e éd.: Analyse et synthèse des circuits*. Dunod.
- Robert, M., Khantine-Langlois, F., Munier, V., & Dusseau, J. M. (2008). Grandeurs et mesures en électrocinétique des courants variables. *Aster: Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 47(1), 71-101.
- Tiberghien, A., & Delacôte, G. (1976). Manipulations et représentations de circuits électriques simples: par des enfants de 7 à 12 ans. *Revue française de pédagogie*, 32-44.
- Vander Borgh, C. (2006). Du côté de la formation des enseignants en sciences : concevoir des problèmes. In M. Fabre & E. Vellas (dir.). *Situations de formation et problématisation*. 125-141. Bruxelles : De Boeck
- Viau, R. (2004). La motivation: condition au plaisir d'apprendre et d'enseigner en contexte scolaire. *Actes du 3e congrès des chercheurs en éducation*. Bruxelles.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique: la part du sens commun*. De Boeck Supérieur.

Annexes

Annexe 1 : organisations des savoirs associés aux problèmes formulés dans les classes concernées

5	Discipline	Physique		Mathématiques
4	Domaine	Electricité		Algèbre - Analyse
3	Secteur	Loi des courants / Lois de Kirchhoff	Transfert d'énergie électrique	Fonctions sinusoïdales
2	Sujet	Loi d'Ohm	Puissance Électrique	Valeur maximale, valeur efficace, fréquence
1	Tâche	Différencier une tension alternative d'une tension continue	Etablir expérimentalement la relation $E = Pt$	Déterminer les valeurs caractérisant cette fonction à partir d'une représentation graphique
0	Question/ problème	Les tensions à la sortie d'un chargeur de téléphone portable et d'une prise de courant domestique sont-elles similaires ?		

Tableau 1 : Organisation du savoir établie à partir du programme de la classe de Seconde Professionnel (K=10) en France (programmes du 2009)

5	Discipline	Physique		
4	Domaine	Electricité		
3	Secteur	Electromagnétisme	Electromagnétisme, équipement et télécommunications	
2	Sujet	Induction électromagnétique	Transmetteurs et récepteurs	
1	Tâche	Différentiation entre tension continue et alternative	Identifier la fonction des dispositifs comme des condensateurs, inducteurs et transformateurs. Distinguer circuits en courant continu et alternative, analyser leurs différents usages.	
0	Question/ problème	On sait que les circuits tels que ceux de chargeurs de téléphones portables fonctionnent en courant continu et que les prises résidentielles fournissent du courant alternatif. Pourquoi que cette inadéquation entre ce qui est fourni et ce qui est nécessaire ?		

Tableau 2 : Organisation du savoir établie à partir du programme de l'année 3 du lycée général (*Ensino Médio*, K=11), qui sert de référence à l'enseignante brésilienne enquêtée. En effet, le programme dans la formation professionnelle de 2ème année en maintenance et support informatique pour jeunes et adultes (K=10) ne porte pas de progression de contenus, seulement la mention « électricité »⁴

⁴ cf. programme en vigueur Institut Fédéral Rio de Janeiro : https://portal.ifrj.edu.br/sites/default/files/IFRJ/Acad%C3%A0mico/ppc_validado_msi_ementario_basicas.pdf

Annexe 2 : outils de recueil de données (conçus et appliqués dans un contexte de formation)

Questionnaire « Profil » de l'enseignant

1. Prénom, Nom
2. Formation
3. Avez-vous d'expériences antérieures dans l'enseignement ? Si oui, combien d'années ?
4. Avez-vous d'expériences professionnelles autres que l'enseignement ?
5. Quelles classes avez-vous cette année sous votre responsabilité ?
6. Quelles sont les matières enseignées dans ces classes ? combien d'heures par matière ?

Fiche descriptive de la séquence d'enseignement à remplir par l'enseignant

1) Auteur

NOM, Prénom :

Le matériel que vous présentez:

sera également exploité et présenté dans votre portfolio :

sera également exploité et présenté dans votre mémoire :

2) Description de la séquence

Discipline :
Thème :
Module :

Titre de la séquence :
Objectif de la séquence :
Nombre de séances :

Progression de la séquence

n° de séance	Date	Titre	Objectif	Notions	Activités	Supports

3) Evaluation de la séquence : à quel moment de la séquence évaluez-vous ? Quelles sont les traces que présentez-vous dans votre dossier ?

--

4) Quel usage de la Technologie de l'Information et la Communication pour l'Enseignement (TICE) avez-vous réalisé ?

5) Recueil d'évidences du dossier (mettre un approximatif de date de recueil)

				Copies des protocoles TP ? Des rapports écrits ?
Documents de référence (oui, non) ? Lesquels ?	Fiches Elèves - Professeur	Copies de manuels scolaires ?	Copies de cahiers d'élèves ?	

Quelles autres évidences ajoutez-vous à votre dossier ?

6) Réflexion autour d'un thème disciplinaire choisi en maths ou sciences

1- préciser le choix du thème disciplinaire lié à la séquence choisie pour l'analyse de pratiques
2- situer le thème dans le programme (module, prérequis, pré-acquis, etc.)
3- précisez les difficultés que le contenu et sa nature peuvent entraîner pour les élèves.
4- en quoi l'histoire des sciences permet d'après vous de mieux cerner ces difficultés

Annexe 3 : Synthèse de réponses obtenues grâce au questionnaire « Profil »

	Enseignant français « Alain »	Enseignante brésilienne « Sylvia »
Formation au moment du recueil	Master MEEF CAPLP Mathématiques, Physique et Chimie	Master enseignement de la physique
Expérience dans l'enseignement avant formation	10 ans	10 ans
Autres expériences professionnelles	6 ans (analyste programmeur, entrepreneur)	6 ans (divulgateur scientifique, assistante éducation élèves aux besoins éducatifs particuliers)
Classe concernée par l'enseignement observé*	Seconde Bac Pro MELEC (K=10)*	2 ^{ème} année, éducation technique pour jeunes et adultes (EDA) (K=10)**
Matières à enseigner dans la classe concernée, heures d'intervention par semaine	Mathématiques (3h), Sciences Physique – Chimie (2h)	Sciences Physiques (4h)

Tableau 3 : informations obtenues du questionnaire « profil » des enseignants.

* Séquence présentée dans son portfolio de demande de titularisation

** Séquence présentée dans son mémoire du master

Synthèse des tâches établies décrivant les séquences d'enseignement

Séance_ Tâche	Enseignant français « Alain »	Séance_ tâche	Enseignante brésilienne « Sylvia »
1_1	Calculer une tension maximale à partir d'une méthode graphique	1_1	Identifier des phénomènes (et notions) associés au magnétisme
1_2	Distinguer tension efficace et tension maximale par la mesure expérimentale	1_2	Identifier une relation entre champ magnétique et champ électrique
2_1	Distinguer graphiquement une tension alternative d'une tension continue	2_1	Distinguer objets et phénomènes associés aux Courant Continu (CC) et Courant Alternatif (CA)
2_2	Lire un texte sur le contenu essentiel à retenir issu de cet enseignement	2_2	Comprendre le fonctionnement de la science à partir d'un texte portant sur l'épisode historique de la guerre de courants
2_3	Suivre une méthode de résolution pour un exercice associé à un "oscillogramme d'une tension [alternative] délivrée par un générateur"		
3_1	Etablir la relation entre période et fréquence d'un signal de tension sinusoïdale	3_1	Comprendre le débat historique étudié précédemment du point de vue des arguments scientifiques
		3_2	Connaître quelques dispositifs électroniques (utiles au montage d'un pont redresseur)
		3_3	Connaître et construire un pont redresseur, comprendre son fonctionnement

Méthodologie d'analyse croisée de 3 pratiques enseignantes intégrant de l'histoire des sciences en classe

Sophie Canac¹, Patricia Crepin-Obert¹, Camille Roux-Goupille¹

¹ : Laboratoire de Didactique André Revuz, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université, Université Lille 1, Université Rouen Normandie

Résumé

Nous présentons ici une analyse croisée de séances « ordinaires » intégrant des éléments historiques pour trois enseignantes, une en physique-chimie et deux en sciences de la vie et de la Terre en mobilisant un cadre d'épistémologie historique et le cadre de la double approche didactique et ergonomique. Nous déterminons une typologie des connaissances que nous mettons à l'épreuve dans les interactions langagières des séances menées en classe et dans les tâches proposées aux élèves induites par les supports historiques. L'analyse du discours enseignant est réalisée dans l'outil d'analyse lexicale Tropes à partir d'un scénario commun que nous élaborons en prenant appui sur la typologie de connaissances. Le croisement des analyses démontre trois pratiques enseignantes contrastées pour l'intégration des matériaux historiques soit portées par le cadre institutionnel focalisant sur l'épistémologie des sciences, soit portées par les questions socio-culturelles vives et leur engagement social.

Mots-Clés : Double approche didactique et ergonomique ; Enseignement secondaire ; Épistémologie historique ; Histoire des sciences ; Pratiques enseignantes réalisées

Méthodologie d'analyse croisée de 3 pratiques enseignantes intégrant de l'histoire des sciences en classe

Introduction

À notre connaissance, peu de recherches (Ryder & Leach, 2008) ont jusqu'à présent porté sur les pratiques réalisées de séances intégrant de l'histoire des sciences. Dans les programmes scolaires français, les visées d'insertion d'éléments historiques selon de Hosson et Schneeberger (2011) sont principalement de nature épistémologique (nature de la science et de l'activité scientifique, mode d'élaboration des savoirs) et notionnelle (lois et concepts scientifiques). L'implicite voire l'absence de visée socio-culturelle (interférences des contextes économique, social, industriel, technique et culturel) donne à voir une reconstruction historique déconnectée de l'élaboration des savoirs scientifiques et de leur évolution. À la lecture critique des programmes de lycée en sciences, la perspective historique est souvent reléguée parmi les suppléments du cours traditionnel, en concurrence avec d'autres activités - exploitation de logiciels ou pratique documentaire d'actualités scientifiques. Ceci alimente le sentiment d'une activité chronophage et anecdotique par les enseignants. Enfin peu de formations à l'utilisation de l'histoire des sciences et de ressource pédagogiques destinées aux enseignants (Maurines & Beaufils, 2011) sont proposées. Comment dans ce contexte les enseignants s'emparent-ils de cette incitation historique dans leurs pratiques réalisées ?

Cadre théorique et question de recherche

Notre premier cadre théorique s'appuie sur l'épistémologie en tant que discipline visant à « décrire comment les connaissances scientifiques sont constituées, comment elles évoluent, quel est leur rapport avec la réalité (et quelle réalité), etc » (Bächtold, 2012, p. 30). Nous la situons en référence au courant français d'épistémologie historique porté par Duhem, Bachelard, Canguilhem et Koyré, (Peña-Guzmán, 2020 ; Gonzalez, 2010 ; Lamy, 2018) où le recours à l'histoire des sciences sert de norme à l'analyse épistémologique et implique « le contact direct de l'épistémologue avec la pratique, les discours et les résultats de la science telle qu'elle évolue dans le temps » (Lamy, 2018, p. 8). Sous un autre angle, l'histoire des sciences met en perspective la circulation des savoirs scientifiques entre science et société au sein des contextes culturel, social et institutionnel (Latour, 2011 ; Morange 2008 ; Rumelhard, 2012) car le savoir scientifique est nécessairement construit « dans les représentations individuelles et sociales, dans les pratiques, dans les institutions, dans les choix de valeurs et les idéologies » (Rumelhard, 2012, p. 1).

Le cadre épistémologique doit nous permettre d'analyser la nature des matériaux historiques et leurs fonctions dans les visées d'apprentissages des pratiques enseignantes réalisées en classe. Pour avoir accès aux pratiques, nous prenons appui sur le cadre de la Double Approche Didactique et Ergonomique – DADE – défini par Robert et Rogalski (2002). Nous cherchons à caractériser les tâches prescrites aux élèves (nature, contenu, ordre) en analysant

ce que font et disent les enseignants lors de la séance et à partir de l'étude des documents donnés aux élèves ainsi que du déroulé de la séance

Nous retenons pour cette communication la question de recherche suivante : **quels types de connaissances sont potentiellement mobilisés par les élèves pour réaliser les tâches proposées à partir des supports historiques ?** Affiliée à cette question de recherche, nous faisons des hypothèses de catégorisation des connaissances potentiellement construites via les tâches dévolues aux élèves lors de la séance fondée sur l'histoire des sciences selon quatre types : connaissances historiques, épistémologiques, scientifiques et socio-culturelles.

Terrain d'étude et méthodes d'analyse

Description du corpus autour des 3 séances étudiées

Nous avons mené une étude de terrain auprès de trois enseignantes volontaires d'un lycée parisien de deux disciplines scolaires différentes (Sciences de la vie et de la Terre, Sciences physiques), de profils personnels très contrastés. Nous centrons notre corpus sur les enregistrements vidéo de trois séances ordinaires - habituelle voire récurrente - portant sur des thèmes différents - dérive des continents, vaccination, radioactivité (voir en annexe 1 le déroulé des séances).

Méthodologie de catégorisation des connaissances

Pour répondre à notre question de recherche, nous catégorisons les types de connaissances convoquées dans le scénario réalisé par chaque enseignante à travers les interactions langagières de la classe ou dans les tâches données aux élèves. Nous supposons qu'elles sont porteuses d'apprentissages en lien avec les matériaux historiques. Intégrer ceux-ci dans son enseignement permet de cibler quatre catégories de connaissances *a priori* comme annoncé précédemment que nous définissons ainsi :

Connaissances épistémologiques (E) : regard critique sur la construction de la connaissance scientifique et ses caractéristiques générales ;

Connaissances historiques (H) : tout élément scientifique du passé dont des faits singuliers, leur restitution dans un contexte et les récits explicatifs construits à leur propos - dates, noms de scientifiques, archives, témoignages, découverte, expérience et méthode scientifiques - ; connaissances scientifiques invalidées ;

Connaissances scientifiques (S) : notions disciplinaires encore valides actuellement ;

Connaissances socio-culturelles (SC) : tout élément résultant d'une interdépendance entre le périmètre des sciences et d'autres domaines -artistique, économique, idéologique, philosophique, politique, social, etc - qui peut ouvrir sur des problèmes de société.

Analyse du déroulé de la séance

En appui de la DADE, nous découpons chaque séance en épisodes, chacun d'eux correspondant à une tâche. Chaque épisode est caractérisé par sa durée, la nature du travail demandé, les supports proposés et leur nature ainsi que les connaissances et savoir-faire que

les élèves doivent mobiliser pour réaliser la tâche. À partir de l'ensemble de ces caractéristiques, nous associons à chaque épisode une ou plusieurs des quatre catégories des connaissances.

Par exemple, au cours de l'épisode 3 de la séance sur la dérive des continents (Figure 1), l'enseignante C, après avoir présenté brièvement Suess, prend en charge l'analyse d'une carte paléogéographique fondatrice d'un modèle défendu par ce géologue du XIX^e siècle.

Nature du travail demandé	Supports proposés et nature de ces supports (historique, épistémologique, socio-culturel, scientifique)	Connaissances et savoir-faire devant être mobilisés par les élèves	Catégorisation des connaissances visées
« Résumer la théorie fixiste des continents »	-Médaille d'Éduard Suess et 1 ^{ère} page de couverture <i>La face de la Terre (1883)</i> (source primaire historique) -Carte Les « ponts continentaux » imaginés par les paléontologistes avant Wegener (D'après Hallam, 1977-79) (source secondaire historique)	-Ce qu'est un fossile (datation et paléoenvironnement associés) -Connaissances paléogéographiques -Les fonctions d'un modèle	H E S

Figure 1 : Extrait de la séance « Dérive des continents », épisode 3, durée 3 min

Elle résume la théorie fixiste des continents élaborée par Suess et souhaite ainsi poser le contexte dans lequel Wegener va proposer sa nouvelle théorie mobiliste. Les élèves prennent des notes pendant que l'enseignante présente et met en relation les documents. Si initialement la visée est épistémologique, finalement les élèves mettent en œuvre des tâches élémentaires à visée historique (personnage, dates) ou scientifique (paléogéographie, formation initiale et structure du globe).

Analyse des interactions langagières via Tropes

Nous nous intéressons aux interventions des enseignants qui peuvent influencer l'activité des élèves à travers les interactions langagières. Nous les étudions via un logiciel d'analyse lexicale Tropes. Nous créons un outil-scénario commun (Figure 2) puis propre à chaque séance à partir d'une classification lexicale en constituant des groupes sémantiques que nous hiérarchisons. Le niveau 1 reprend les quatre catégories de connaissances. Les niveaux suivants clarifient successivement des items génériques en développant le niveau précédent.

L'arborescence propre à chaque séance est développée à partir du 3^{ème} niveau - S ou SC - ou du 4^{ème} niveau - E ou H (Figure 3).

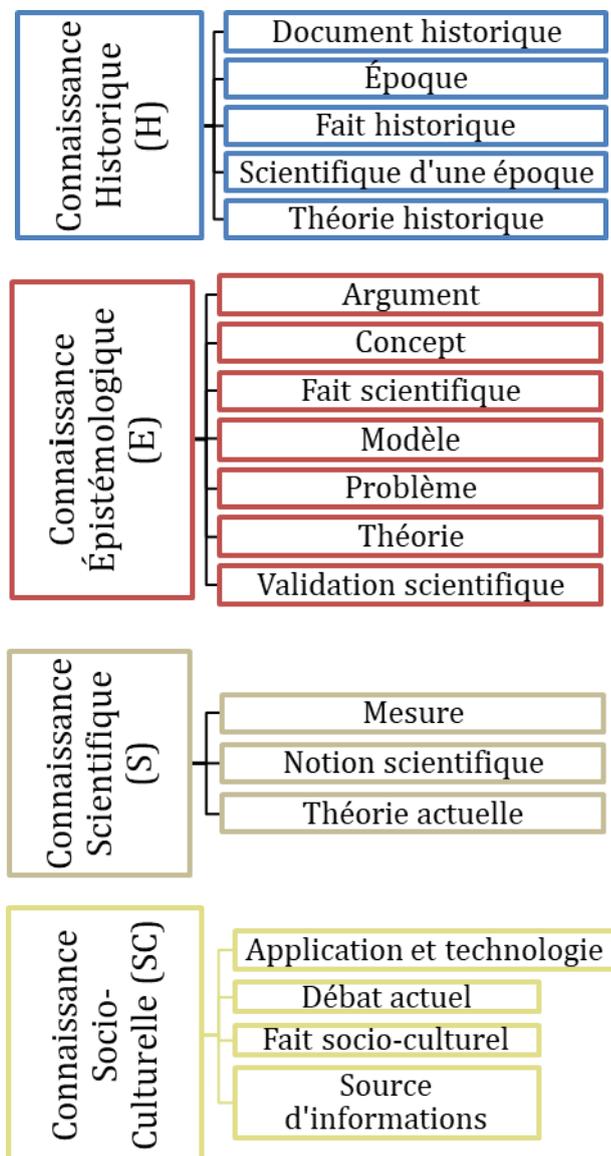
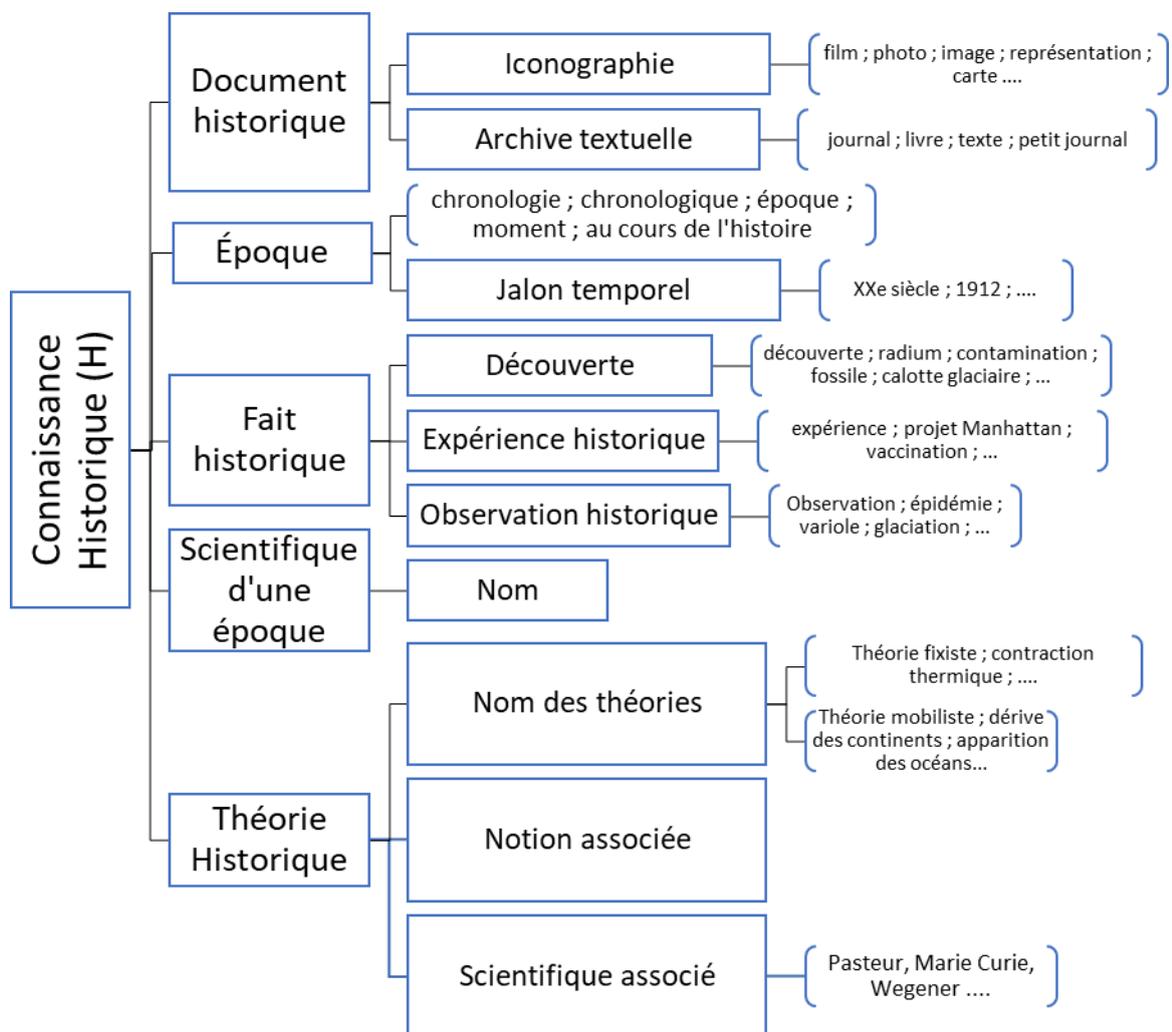


Figure 2 : Groupes sémantiques des niveaux 1 et 2 du scénario commun

Par exemple dans « Connaissance historique », au niveau 2 « Fait historique », nous avons croisé les analyses lexicales des trois séances pour placer au niveau 3, trois items communs « Découverte », « Expérience historique », « Observation historique » (Figure 3). Puis, dans l'entrée sémantique « Découverte » (terme ici sélectionné automatiquement par Tropes), nous avons associé des termes spécifiques à chaque séance comme « radium » pour la séance radioactivité, « contamination » pour la séance vaccination et « fossile » pour la séance dérive des continents.



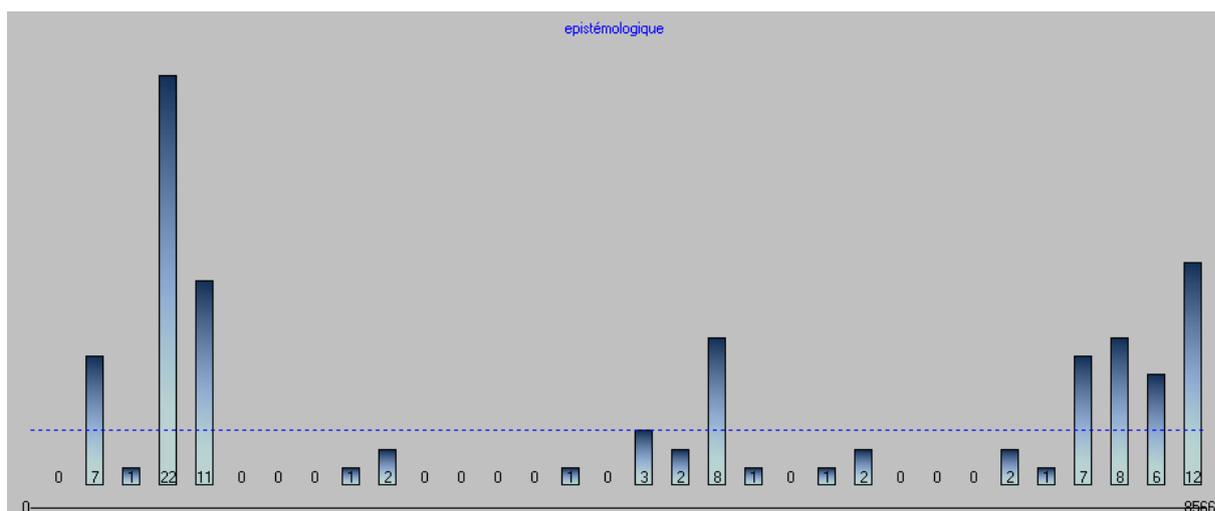
Légende :

Carré = groupe sémantique

Accolade = mots ou regroupement de mots du verbatim (verbe – adjectif – nom – groupe de mots)

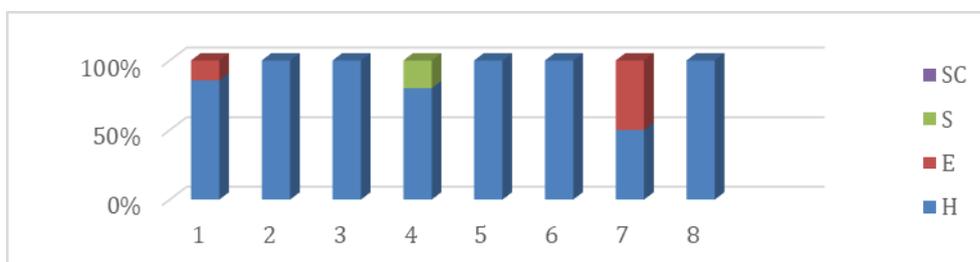
Figure 3 : Arborescence des niveaux 2 à 4 pour les connaissances historiques

Une fois les scénarios stabilisés, nous analysons précisément les discours des enseignantes. Pour cela, nous découpons la transcription en secteur d'un nombre égal de mots (250 pour l'ensemble de la séance ou 50 pour chaque épisode issu de l'analyse des tâches). Le logiciel affiche l'analyse du discours sous forme « d'histogramme de répartition » indiquant la fréquence d'apparition de la catégorie sélectionnée (Graphe 1).



Graph 1 : Fréquence d'apparition de la catégorie Épistémologie - Séance « Dérive des continents » - Découpage 250 mots

En regroupant à l'aide d'un tableur les histogrammes, nous analysons et comparons la fréquence d'apparition des quatre catégories de connaissances pour toute la séance ou pour chaque épisode (Graph 2).



Graph 2 : Analyse des échanges langagiers via TROPES : épisode 3 séance « Dérive des continents » - Découpage 50 mots

Résultats comparés des connaissances visées par les trois pratiques enseignantes intégrant de l'histoire des sciences et discussion

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons croisé l'analyse macroscopique des tâches engagées auprès des élèves avec l'analyse microscopique du discours via une arborescence commune du logiciel Tropes. A l'échelle de la majorité des épisodes pour les trois séances, ces deux analyses convergent bien vers les types majoritaires de connaissances identifiées *a priori* comme l'exemplifie la catégorisation des connaissances convoquées dans l'exploitation du matériel historique pour la séance en sciences de la Terre (Tableau 1 et Graph 2). *A posteriori* le croisement de ces analyses et leur répétabilité confèrent une certaine robustesse aux quatre catégories de connaissances. Elles pourraient être un fil conducteur à la conception de séances par les enseignants en portant l'ambition de diversifier la nature des connaissances visées avec l'intégration d'éléments historiques dans l'enseignement des sciences.

L'analyse globale des trois séances, tâches et échanges langagiers, montre une diversité des choix opérés par les enseignantes. Mobilisant divers supports historiques – carte, extrait de journal, vidéo, frise chronologique, ... - les trois enseignantes visent des connaissances historiques et scientifiques. Néanmoins, seule la séance de l'enseignante C a une visée principalement épistémologique alors que les séances des enseignantes V et S ont une visée essentiellement socio-culturelle. Ces profils enseignants contrastés inférés des pratiques réalisées en classe sont en cohérence avec les pratiques déclarées au cours des entretiens réalisés avant et après séance (Auteurs., à paraître 2024).

L'enjeu de cette étude de pratiques ordinaires intégrant l'histoire des sciences était de mettre à l'épreuve des outils généraux d'analyse des pratiques enseignantes pour répondre à des questions spécifiques concernant l'usage de matériaux historiques en classe de sciences. Notre méthodologie d'analyse du discours invite à questionner les variabilités et les régularités pour identifier les choix des enseignantes vis-à-vis des connaissances visées, des documents historiques exploités et des tâches associées. Nous aimerions poursuivre cette recherche en mettant à l'épreuve nos catégories et le scénario commun sur d'autres séances de sciences fondées sur des matériaux historiques dans différents contextes : suivi d'un même enseignant sur différents thèmes ou outil de formation sur les pratiques enseignantes.

Bibliographie

- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 6-39.
- Auteurs. (à paraître 2024). Cross-referenced perspectives on three science teachers' practices incorporating the history of science in their classrooms. *Science & Education* 34 p.
- de Hosson, C. & Schneeberger, P. (2011). Orientations récentes du dialogue entre recherche en didactique et histoire des sciences. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, 9-20.
- Gonzalez, S.(dir. 2010). *Epistémologie et histoire des sciences*. Paris : Vuibert.
- Lamy, J. (2018). L'épistémologie au risque de l'histoire : une lecture de Bachelard. hal-01818328.
- Latour, B. (2011). *Pasteur : Guerre et paix des microbes. Suivi de Irréductions*. Paris : La Découverte.
- Maurines, L. & Beaufiles, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, 271-305.
- Morange M. (2008). *A quoi sert l'histoire des sciences ?* Versailles : Quae.
- Peña-Guzmán, D. M. (2020). French historical epistemology: Discourse, concepts, and the norms of rationality. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 79, 68–76.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2 (4), 505–528.
- Rumelhard, G. (2012). *La biologie, élément d'une culture*. Paris: Adapt-Snes Editions.
- Ryder, J; & Leach, J. (2008). Teaching about the epistemology of Science in upper secondary schools : an analysis of teachers' classroom talk. *Science & Education*. 17. 289-315.

Annexes

Annexe 1 : Description des déroulements de séances dans chaque discipline

<p>• Géologie^o: ¶ Dérive des continents en 1^{re}S ¶ Enseignante · C^o</p>	<p>Biologie^o: ¶ Vaccination en TS ¶ Enseignante · V^o</p>	<p>Physique^o: ¶ Radioactivité en TS ¶ Enseignante · S^o</p>
<p>(11min)·Explicitation des notions scientifiques du titre annoncé ¶ (35min)· Analyse d'iconographies historiques (<i>modèle des ponts continentaux et de la « pomme ridée » d'E. Suess au XIXe</i>) ¶ (14min)· Analyse de planisphères actuels, porteurs chacun d'un argument empirique mobilisé par Wegener ¶ (20min)· Présentation de chaque argument ¶ (6min)· Validation, ou pas, de la compatibilité entre les arguments empiriques de Wegener et la théorie opposée des ponts continentaux de Suess ¶ ☐</p>	<p>(30 min)· Exposé sur l'histoire de la vaccination avec projection d'images de sources historiques variées (<i>ex : tableaux représentant la vaccination par Jenner, caricatures de presse des effets de la vaccination du début du 19ème siècle, gravure de vaccination par Pasteur en Alsace</i>) et revue de presse actualités sur la vaccination ¶ (60min)· cours TD Phénotype immunitaire au cours de la vie ¶ -- Remplissage d'un polycopié à trous ¶ -- Analyse de documents par groupe ¶ -- Construction d'un schéma bilan ☐</p>	<p>(24 min)· Présentation de films INA (<i>Marie Curie – Lise Meitner – Irène Joliot-Curie</i>) et d'une animation du CEA sur la découverte par Becquerel des rayons uraniques et par Marie et Pierre Curie de la radioactivité. Réalisation d'un tableau de mesures d'activité naturelle simulées à partir d'une animation du CEA, et réalisation d'une frise chronologique à partir d'un document donnant quelques informations sur les principaux scientifiques intervenant dans la découverte de la radioactivité. ¶ (10 min)· Réflexion sur la place des femmes dans la recherche scientifique à partir des films INA et sur le développement du nucléaire dans différents pays à partir de documents du CEA et du CNRS sur les centrales nucléaires dans le monde ¶ (20 min)· Résolution d'un exercice sur la datation ☐</p>

en italiques : épisodes intégrant des matériaux historiques

Représentations d'étudiants sur la transition énergétique : schématisation à partir d'une analyse lexicale d'entretiens

Damien Grenier¹, Rozenn Texier-Picard¹

1 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique, Université de Brest, Université de Rennes 2

Résumé

Dans cette communication, une méthode d'analyse lexicale est proposée et appliquée à des transcriptions d'entretiens avec des étudiants à propos de la transition énergétique. Une carte multidimensionnelle de la transition énergétique a été établie et les mots appartenant au registre lexical de chaque item de la carte, comptabilisés. L'hypothèse faite est que plus les mots faisant partie du registre lexical d'un item de la carte apparaissent dans le discours de l'étudiant, plus celui-ci a intégré, dans son système de représentation de la transition énergétique, les enjeux liés à l'item correspondant. Cette analyse lexicale a permis de dresser des cartes synthétiques des représentations de chaque étudiant de la transition énergétique qui sont utilisées pour analyser l'impact d'un dispositif pédagogique sur ces représentations.

Mots-Clés : Transition énergétique ; Représentations ; Analyse lexicale.

Représentations d'étudiants sur la transition énergétique : schématisation à partir d'une analyse lexicale d'entretiens

Contexte

Les questions liées à la transition énergétique sont abordées tout au long de la scolarité. Dès le primaire, dans le cadre d'une éducation au développement durable, les programmes de cycle 3 prévoient que les élèves soient « sensibilisés au caractère renouvelable ou non des ressources en énergie » et « aux conséquences sur l'environnement de leur utilisation » (Eduscol, 2023, p. 83). Ces questions sont retravaillées ensuite jusqu'au niveau de l'enseignement supérieur. Le rapport Jouzel (Jouzel & Dabadie, 2021) recommande « l'intégration de la transition écologique dans les enseignements du supérieur [de façon à] permettre l'acquisition conjointe de connaissances et de compétences transversales communes à tous les étudiants [...] sur l'ensemble des cycles de licence, master, doctorat » (p. 6).

Selon Laberge (2021), les étudiants « arrivent avec un bagage de croyances, d'opinions, de certitudes, de préjugés et de valeurs sur l'environnement, comme à propos de bien d'autres sujets ». Ils ont en effet « été largement socialisés par leurs parents, leurs premiers éducateurs, et le milieu social dans lequel ils ont baigné » (p. 8). La question climatique et celle de la transition énergétique qui lui est liée est en effet omniprésente dans le débat public et elle préoccupe particulièrement les jeunes générations. Selon Hickman et al. (2021), les jeunes Français de 16 à 24 ans seraient, face au changement climatique, une majorité à éprouver de l'anxiété (50,1%), de la peur (66,7%) voire de la colère (60,4%). La plupart ne s'estiment pourtant pas pour autant désespérés (59,8%) ou impuissants (55,7%) et restent optimistes (51,2%) ce qui laisse à penser qu'ils estiment que des solutions existent et peuvent être mises en œuvre. Ils ont d'ailleurs certainement des idées préconçues sur ces solutions.

Notion de représentation en didactique

Migne définit la représentation comme « un modèle personnel d'organisation des connaissances par rapport à un problème particulier » (1994, p. 23). Ce déjà-là – « même s'il est faux – est organisé chez l'élève en un système explicatif, personnel et fonctionnel » (Astolfi et al., 2008, p. 147). Pour Abric (1993), toute représentation serait organisée autour d'un noyau central. Ce noyau a une « fonction génératrice » (il génère et donne sens aux autres éléments qui le constituent) et une « fonction organisatrice » (il assure la stabilité de la représentation en déterminant la nature des liens entre les différents éléments). Ce noyau central est donc un cadre normatif associé « aux valeurs et aux normes » (Barthes & Alpe, 2016, p. 68).

L'efficacité d'un dispositif d'enseignement peut être mesurée par l'évolution des représentations des élèves ou étudiants. Or, accéder à cette représentation et notamment aux éléments de leur noyau central n'est pas chose aisée. Quels éléments les étudiants trouvent-ils important de prendre en compte quand ils débattent de la transition énergétique ? Quels sont ceux qu'ils jugent moins essentiels ? Chaque étudiant ayant eu des expériences antérieures de

socialisation différentes, chaque représentation est personnelle et les réponses à ces questions diffèrent a priori d'un étudiant à l'autre.

L'objectif de notre recherche est de tester une méthodologie permettant d'identifier, de la façon la plus objective qui soit, les éléments que chaque étudiant juge prioritaires. L'enjeu de cette étude est de prendre en compte ces éléments prioritaires dans les dispositifs de formation, afin d'être en mesure de faire évoluer les représentations de chaque étudiant.

Méthodologie

Carte multidimensionnelle de la transition énergétique

Pour analyser les représentations étudiantes, nous nous sommes basés sur les travaux de Abdul-Aziz et al. (2019) pour établir une carte multidimensionnelle de la transition énergétique (Voisin et al., 2023). Quatre dimensions principales ont été prises en compte :

- deux dimensions essentiellement techniques portant sur la **production** et la **consommation** d'énergie,
- celle relative aux **impacts environnementaux, sociaux ou économiques** de ces modes de production et des consommations,
- et enfin la dimension liée aux **enjeux politiques**, reflets de choix de société.

Chacune de ces dimensions a ensuite été décomposée en différents items permettant de les détailler plus finement (figure 1).

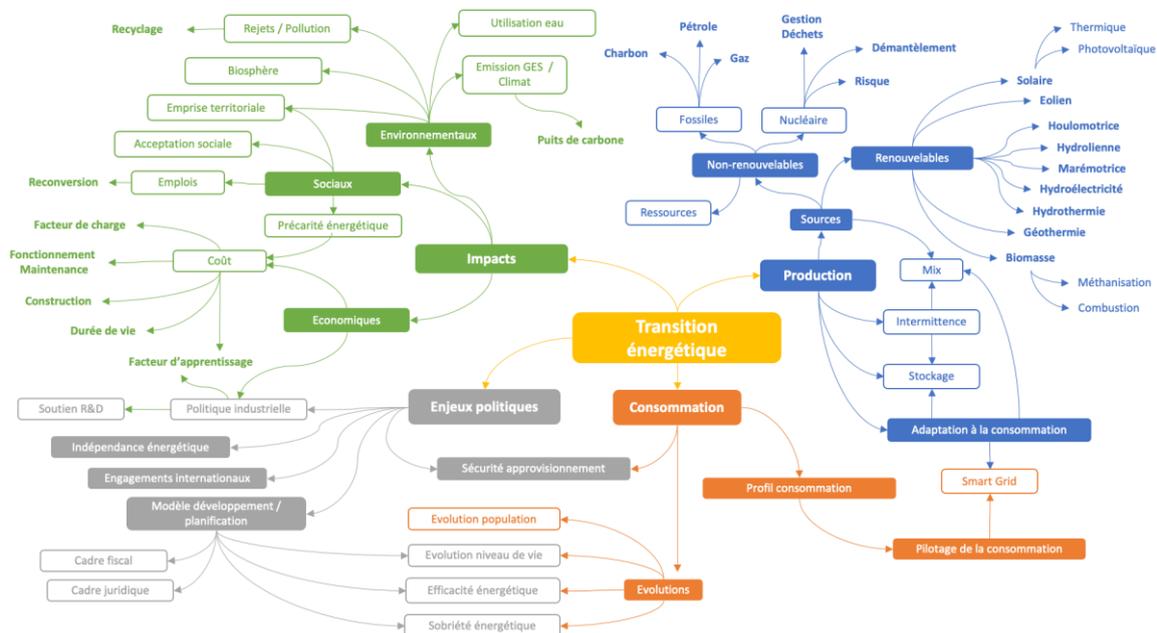


Figure 1 : Carte multidimensionnelle de la transition énergétique

Corpus de données

Nous sommes partis d'un corpus de données constitué d'entretiens semi-directifs avec des étudiants de trois établissements d'enseignement supérieur rennais : CentraleSupélec Rennes (CS), UniLasalle - École des Métiers de l'environnement (EME) et l'École Normale Supérieure de Rennes (ENS).

Tous ces étudiants sont de niveau Master (M1) et ont suivi une même activité d'introduction à un cours sur les énergies renouvelables et la transition énergétique. Cette activité consiste en un jeu de rôle où des groupes d'étudiants débattent du choix d'un mix énergétique en vue de rendre une île fictive autonome en énergie à partir exclusivement de sources renouvelables (Barrué & Grenier, 2020, Voisin et al., 2023). Pour chaque source envisagée, les étudiants disposent de fiches donnant des informations sur les productions d'énergie envisageables et les impacts potentiels. La dimension consommation est considérée comme invariante et la dimension politique contrainte par la consigne de « rendre l'île autonome en énergie ».

Les entretiens semi-directifs, d'une durée d'environ 1h, ont été menés quelques jours après l'activité avec une douzaine d'étudiants volontaires. Ils avaient pour objectif d'explicitier les critères des choix opérés par les étudiants pour parvenir à une solution. La grille d'entretien était construite de façon à revenir sur certains épisodes clefs repérés lors du visionnage des enregistrements vidéo des séances.

Analyse lexicale

Ces entretiens ont été retranscrits en vue d'une analyse lexicale. Pour faire le lien avec notre carte multidimensionnelle, nous avons écarté des méthodes sans a priori telles que la classification descendante hiérarchique de Reinert (1983). Partant de la carte, nous avons défini un registre lexical correspondant à chacun des éléments, puis nous avons compté les occurrences des mots faisant partie de ce registre lexical. Ainsi, par exemple, pour l'item « production », nous avons comptabilisé toutes les occurrences du mot « production » lui-même mais également de toutes les déclinaisons du verbe « produire ». Pour le solaire, nous avons comptabilisé toutes les occurrences des mots « solaire », « soleil », « ensoleillement », « photovoltaïques » et « panneaux ».

Nous avons ensuite codé les éléments de la carte multidimensionnelle de la transition énergétique de la manière suivante :

- En couleur claire, les éléments qui n'ont pas été du tout cités
- En couleur normale les éléments qui ont été cités mais à une fréquence moindre que celle de la moyenne des autres entretiens.
- Encadrés, les éléments qui ont été cités à une fréquence supérieure à la moyenne.
- Enfin, encadrés avec un fond de couleur, les éléments qui ont été cités à une fréquence au moins deux fois supérieure à la moyenne.

Cela permet de visualiser assez facilement les éléments de la carte qui ont fait l'objet de discussions approfondies. Nous avons émis l'hypothèse qu'il s'agissait d'aspects de la transition énergétique auxquels l'étudiant accordait plus d'importance que la moyenne, et qui sont donc susceptibles d'être au cœur de sa représentation de la question.

Nous avons exclu de notre analyse les aspects liés à la dimension « consommation » ou à la dimension « politique » de la carte. Le jeu de rôle qui faisait l'objet de cet entretien n'explore en effet pas suffisamment ces dimensions pour que les données obtenues soient significatives.

Résultats et discussion

La figure 2 montre la carte obtenue à partir de l'analyse lexicale de l'entretien menée avec l'étudiant CSEE6. On constate que cet étudiant parle beaucoup des impacts sociaux et environnementaux, très peu des impacts économiques (coûts).

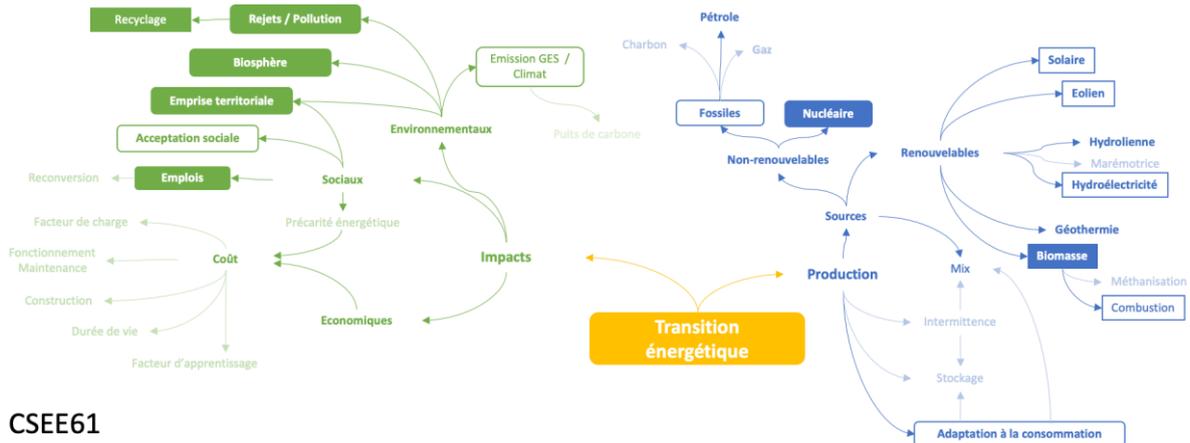
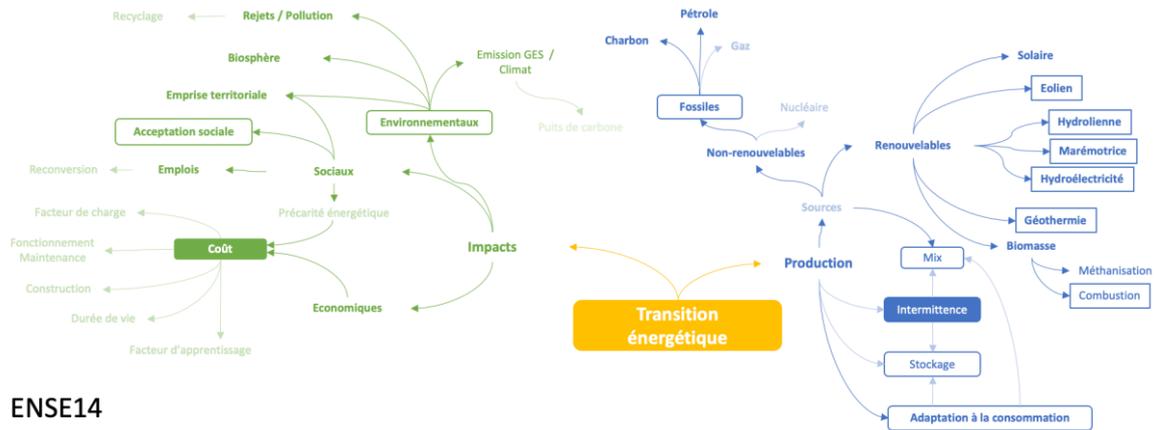


Figure 2 : Carte multidimensionnelle résultat de l'analyse de l'entretien avec l'étudiant CSEE6

A l'inverse, ENSE14 (figure 3) est très focalisé sur les coûts et l'acceptation sociale (impacts visuels, bruits) et parle très peu des impacts environnementaux. Si on remet les mots « coût » ou « argent » dans le contexte où ils ont été prononcés, on constate que, pour lui, un mix 100% énergie renouvelable « semble faisable bah dès lors que les enfin les coûts en électricité sont inférieurs ». Même quand il parle de la biosphère, la dimension « argent » n'est jamais loin. Ainsi dit-il « peut-être qu'on aurait pu raser la forêt finalement ! Genre vendre la forêt, mettre une usine de papier et, hop ! Avec ça on peut faire de l'argent pour euh, enfin pour arriver à la transition énergétique ».

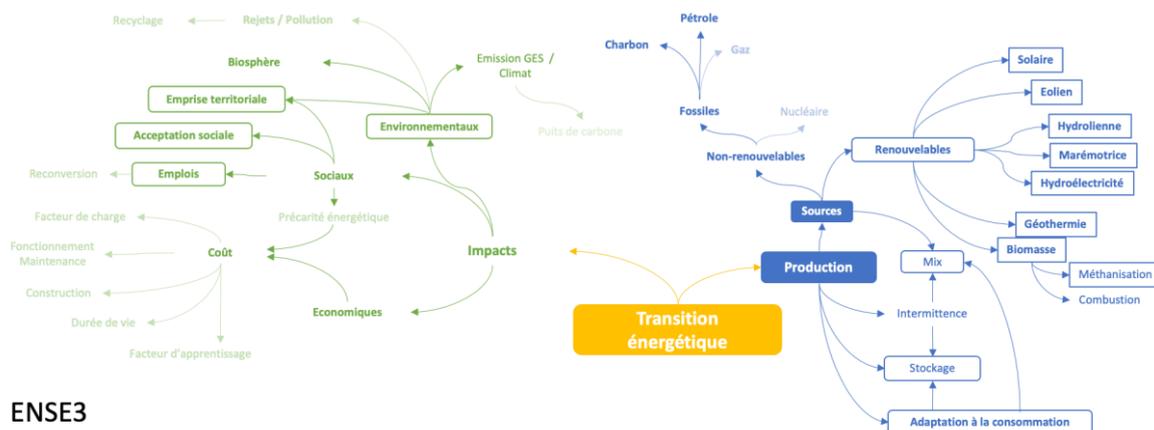
ENSE3 a quant à lui peu évoqué les impacts, focalisant son argumentation sur la dimension production. Son objectif est l'identification des « sources » renouvelables à même de « produire » l'énergie en fonction des besoins (figure 4), avec une focalisation sur la question de l'intermittence et des coûts économiques.

On constate ainsi que les étudiants se sont engagés dans l'activité avec des priorités différentes pouvant correspondre à des priorités et donc systèmes de représentation différents.



ENSE14

Figure 3 : Carte multidimensionnelle résultat de l'analyse de l'entretien avec l'étudiant ENSE14



ENSE3

Figure 4 : Carte multidimensionnelle résultat de l'analyse de l'entretien avec l'étudiant ENSE3

Ces cartes donnent une vision synthétique de ces représentations qu'il convient toutefois de manipuler avec prudence. Par exemple, le fait que CSEE6 parle beaucoup des impacts environnementaux ne signifie pas pour autant que ceux-ci sont toujours déterminants dans les choix qu'il a opérés. En revenant aux transcriptions de l'entretien, on constate qu'il est en fait plutôt enclin à faire des compromis concernant les impacts sur la biosphère, en installant des éoliennes sur un îlot où niche une espèce protégée d'oiseaux. Il se sent toutefois obligé d'argumenter longuement sur ce point (quitte à user d'arguments fallacieux) : « l'oiseau est pas bête et va euh occuper la deuxième île, euh plus enfin euh, va plus enfin, toute l'espèce va, va se regrouper euh, sur la deuxième île ». Cela peut suggérer qu'il n'assume pas complètement ce positionnement.

CSEE6 accorde en revanche beaucoup d'importance à l'emprise territoriale des installations. Dans son système de représentation, une source d'énergie n'est « rentable » que si elle occupe peu d'espace et ne vient pas concurrencer les activités économiques humaines (emplois) ou la préservation des milieux naturels. C'est également sur la base de ce critère qu'il revendique une

position « pro-nucléaire » qui de son point de vue aurait été la solution au problème posé si cette option avait été disponible dans le jeu.

Cette analyse comporte en outre des biais dont il faut tenir compte. Le corpus analysé est un entretien semi directif et les questions posées par la chercheuse qui a mené l'entretien orientent fatalement le discours des étudiants. Les entretiens revenaient également sur des épisodes de l'activité observée au sein du groupe de l'étudiant. On ne constate pas pour autant d'effet de groupe puisque ENSE3 et ENSE14 faisaient partie du même groupe et que l'analyse lexicale a permis la construction de cartes multidimensionnelles sensiblement différentes.

Conclusion et perspectives

Malgré ses limites, l'analyse lexicale et les cartes synthétiques des représentations étudiantes de la transition énergétique qu'elle permet de construire apporte un éclairage utile sur le dispositif pédagogique qui fait l'objet de l'étude.

On constate ainsi que le nucléaire fait intégralement partie de la représentation qu'ont certains étudiants de la transition énergétique. Le dispositif pédagogique excluant d'emblée cette solution, il a peu de chance de la faire évoluer. L'étudiant CSEE6, qui fait partie de ceux-là, avait d'ailleurs, durant la séance, émit des critiques sur l'activité proposée, qualifiant le scénario du jeu, d'« île pédagogique » et mettant en doute le réalisme des solutions discutées.

Les cartes multidimensionnelles mettent par ailleurs en évidence une diversité de profils alors même que le public concerné par cette étude était restreint à des étudiants en sciences de l'ingénieur pour lesquels on aurait pu, a priori, imaginer une focalisation sur les seules dimensions techniques du problème. Pour qu'au sein d'une activité de groupe, tous les éléments de la carte multidimensionnelle soient discutés de façon pertinente, il faut toutefois veiller à fournir aux étudiants des éléments sur les dimensions qu'a priori ils maîtrisent le moins. On a en effet constaté que si de nombreux étudiants ont tenu compte des impacts environnementaux et de la préservation de la biodiversité en particulier, les arguments employés étaient peu étayés scientifiquement.

Bibliographie

- Abdul-Aziz J., Lange, J.-M., & Barthes, A. (2019). Importance du référent dans une démarche d'analyse curriculaire : L'exemple de l'éducation à l'énergie et à la transition énergétique. *Éducatives*, 3 (1)
https://www.openscience.fr/IMG/pdf/iste_edu19v3n1_c.pdf
- Abric, J.-C. (1993). L'étude expérimentale des représentations sociales. In Jodelet, D. (dir.). *Les représentations sociales* (p.187-203). Paris : PUF.
- Astofli, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences : Repère, définitions, bibliographies*. De Boeck Supérieur.
<https://doi.org/10.3917/dbu.astol.2008.01>.
- Barrué, C., & Grenier, D. (2020), Un jeu de rôle pour la scolarisation d'une question socio-scientifique. La question des énergies renouvelables (pp.735-743). In Actes des 11èmes rencontres de l'ARDIST. Bruxelles
- Barthes, A. & Alpe, Y. (2016). *Utiliser les représentations sociales en éducation. Exemple de l'éducation au développement durable*. Paris : l'Harmattan.

- Eduscol (2023), Programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 3), <https://eduscol.education.fr/document/50990/download>
- Hickman, C., Marks E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, E., Mayall, E., Wray, B., Mellor, C., & van Susteren, L. (2021) Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global survey, *The Lancet Planetary Health*, Volume 5, Issue 12, pp e863-e873, [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00278-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00278-3)
- Jouzel, J & Abbadie, L. (2020), Enseigner la transition écologique dans le supérieur, <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/enseigner-la-transition-ecologique-dans-le-superieur-51505>
- Laberge, Y. (2011). Cinq types d'étudiants adultes quant à leur rapport à l'environnement - L'approche wébérienne de l'idéal-type, *Éducation relative à l'environnement*, 16. <https://doi.org/10.4000/ere.7243>.
- Migne, J. (1994/1970). Pédagogie et représentations, *Éducation permanente*, 119, 11-31. Paris.
- Reinert, M. (1983) Une méthode de classification descendante hiérarchique : application à l'analyse lexicale par contexte. *Les cahiers de l'analyse des données*, Tome 8, no. 2, pp. 187-198. http://www.numdam.org/item/CAD_1983__8_2_187_0/
- Voisin, C., Grenier, D., & Texier-Picard, R. (2023). Représentations étudiantes relatives à la transition énergétique. *Mediterranean Journal of Education*, 3(2), p. 57–75, <https://doi.org/10.26220/mje.4481>

Représentations sémiotiques et modélisation des oscillations électriques forcées RLC séries dans le savoir à enseigner

Ahlem Oueslati*¹, Kaouther Rassaa*², and Chiraz Kilani*³

¹ECOTIDI, Institut supérieur de l'éducation et de la formation continue, ISEFC – Tunisie

²Faculté des Sciences de Tunis – Tunisie

³Institut supérieur de l'éducation et de la formation continue, ISEFC – Tunisie

Résumé

Cet article propose une étude de l'enseignement du concept des oscillations électriques forcées en RLC série, tel qu'il est abordé dans un manuel tunisien de sciences physiques. L'analyse se base sur la théorie des deux mondes développée par Tiberghien, en intégrant également l'approche sémiotique de Duval. L'objectif principal de cette étude est d'analyser la manière dont les registres sémiotiques sont utilisés dans le manuel scolaire de physique lors des activités de modélisation physico-mathématiques des oscillations électriques forcées. Nos résultats ont montré que la modélisation repose essentiellement sur la manipulation et l'interprétation des représentations graphiques.

Mots-Clés: Oscillations électriques forcées, théorie des deux mondes, sémiotique de Duval

Représentations sémiotiques et modélisation des oscillations électriques forcées RLC séries dans le savoir à enseigner

Introduction

La question de l'enseignement du concept des oscillations électriques forcées en RLC série n'a pas fait l'objet d'une étude didactique approfondie. Les rares travaux qui ont porté sur ce sujet signalent les difficultés d'enseignement apprentissage associées à cette notion (Malonga et Beaufiles, 2010; Khaldi et al., 2016; Ben Youssef, 2018; Hamdi, 2019). Dans cet article, nous nous proposons d'analyser le savoir à enseigner portant sur les oscillations électriques forcées RLC série à travers le manuel tunisien de sciences physiques. La forte imbrication entre les aspects physiques et mathématiques dans l'enseignement de cette notion nous conduit à mobiliser la théorie des deux mondes.

La théorie des deux mondes

Cette théorie (Tiberghien, 1994, 2009, 2012) est produite dans le cadre de la recherche en didactique de la physique. Elle propose de distinguer entre deux mondes : monde des théories et modèles et monde des objets et des événements. Le monde des théories représente l'univers des explications scientifiques, des concepts abstraits, du formalisme mathématique et des lois générales (Tiberghien, 1994). Le monde des objets et des événements renferme des phénomènes observables, des données concrètes et des résultats obtenus à partir d'expériences.

Selon ce cadre théorique, la modélisation correspond au passage d'une description des objets et événements perceptibles appartenant au champ empirique à une interprétation faisant appel au monde des théories et modèles. Cette approche de la modélisation permet à la fois d'analyser le savoir en jeu et la compréhension par l'élève de ce savoir (Tiberghien, 2000). Une idée avancée par Tiberghien et Vince (2005) stipule que la construction du sens des concepts nécessite la mise en relation entre ces différents éléments de savoir. L'enseignement de la physique doit donc s'attacher à l'établissement des liens entre, d'une part, les formules mathématiques et leur sens physique et d'autre part, les manipulations expérimentales réalisées et les théories physiques. La théorie des deux mondes a également la potentialité de distinguer entre les savoirs relevant de la physique et ceux relevant de la vie quotidienne.

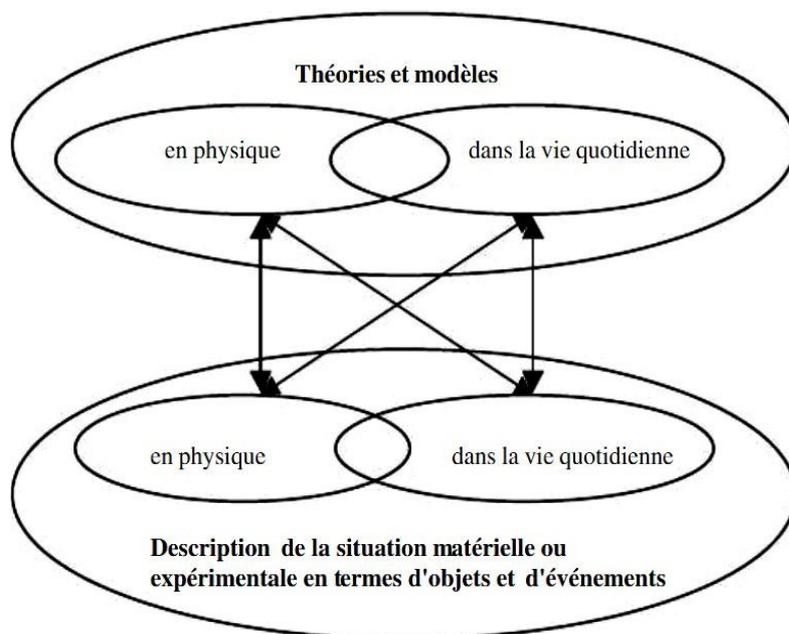


Figure 1 : place du quotidien dans les deux mondes

Par ailleurs, Tiberghien (2009) considère que, cette activité de modélisation en classe est souvent supportée par des systèmes de présentation sémiotique variés dans un ou plusieurs registres sémiotiques. Accéder à la signification des concepts nécessite, également, l'établissement de liens entre ces divers types de représentations. Ce qui nous conduit à la notion de « *registre sémiotique* » de Duval (1993).

La sémiotique de Duval

L'approche sémiotique de Duval (1993) distingue les représentations mentales, qui constituent « l'ensemble des images mentales ou des conceptions qu'un individu peut avoir sur un objet ou une situation » (Duval, 1993, p16), des représentations sémiotiques, qui correspondent à « des productions constituées par l'emploi des signes appartenant à un même système de représentation » (Duval, 1993, p38). Ces représentations sémiotiques « semblent être le moyen dont un individu dispose pour extérioriser ses représentations mentales, c'est-à-dire pour les rendre visibles ou accessibles à autrui » (Duval, 1995, p11). Un système sémiotique, selon Duval (1993) doit permettre d'accomplir trois activités cognitives formation, traitement et conversion d'une représentation ; la formation qui consiste à créer une représentation sémiotique à partir d'un contenu conceptuel, le traitement qui implique la manipulation de cette représentation pour obtenir des informations ou accomplir des tâches et la conversion, qui permet de traduire une représentation d'un registre à un autre. Ces activités cognitives se complètent et se nourrissent mutuellement. Tout système sémiotique permettant ces trois activités est appelé registre sémiotique. Chaque registre renvoie à « une sélection des éléments significatifs ou informationnels du contenu que l'on représente » (Duval, 1993, p38). Parmi ces registres, nous pouvons citer :

- Le registre graphique pour représenter des données et des informations de manière visuelle (les courbes, schémas.....).
- Le registre textuel pour représenter les informations de manière linguistique.
- Le registre mathématique pour représenter les relations quantitatives et les structures logiques. Les expressions mathématiques ou physico-mathématiques.

Duval (1993) met l'accent sur la nécessité de distinguer entre un objet et sa représentation. Pour cela, la coordination entre ces différents registres de représentation est une condition nécessaire :

L'activité conceptuelle implique la coordination des registres de représentation. Il faut qu'un sujet soit parvenu au stade de la coordination de représentations sémiotiquement hétérogènes, pour qu'il puisse discriminer la représentation et le contenu conceptuel que cette représentation exprime, instancie ou illustre (Duval, 1996, p13).

Problématique

Cette étude découle d'une thèse portant sur l'analyse de la pratique d'enseignement des oscillations électriques forcées en régime sinusoïdale. L'enseignement de cette notion fait appel à des situations de modélisation de systèmes physiques permettant de représenter leur comportement par des relations mathématiques. Or, selon Malafosse (2000), « l'écart entre la réalité physique et sa présentation fonctionnelle en mathématique génère un certain nombre de difficultés ». Dans le même ordre d'idées Levy-Leblond (1982) signale qu'« il importe de ne pas concevoir la distinction entre un concept physique et sa mathématisation comme une simple différence statique.[...]il est essentiel de penser le rapport des mathématiques à la physique en termes dynamiques ». C'est dans cette perspective qu'il nous a paru important d'interroger l'activité de modélisation mise en place dans l'enseignement des oscillations électriques forcées et les registres sémiotiques de représentation des objets physiques, qui, lui sont associés. Dans cet article, notre attention s'est focalisée sur l'analyse du contenu du manuel scolaire de physique destiné aux élèves de terminale, plus particulièrement sur le thème des oscillations électriques forcées en régime sinusoïdale. Nous considérons, que les manuels constituent « un lieu privilégié où le chercheur peut accéder à un fonctionnement objectivé du savoir dans l'institution didactique » (Chaachoua, 2017, p193). Bien que leurs études ne permettent pas de définir complètement le fonctionnement effectif des classes, ces manuels « sont des indicateurs intéressants de par leur position entre prescription et réalité de la classe » (Bächtold, 2014, p10). Notre attention sera portée à la façon dont les situations de modélisation sont abordées, notamment la confrontation des prédictions d'un modèle théorique à des résultats expérimentaux et l'utilisation des résultats expérimentaux pour affiner un modèle théorique. Nous focalisons également, notre attention sur la façon dont les registres sémiotiques de Duval (1993) sont pris en compte dans les démarches de modélisation mathématique des résultats expérimentaux. Ce qui nous amène à la question de recherche suivante : comment les registres sémiotiques sont-ils utilisés dans le manuel scolaire de physique lors des activités de modélisation physico-mathématique des oscillations électriques forcées du circuit RLC série ?

Méthodologie

Le chapitre, sur les oscillations électriques forcées sinusoïdales, fait partie du thème consacré à l'évolution d'un système électrique dans le manuel de physique, destiné aux élèves en sciences de l'informatique. Ce manuel de physique, conforme au programme officiel de la 4^{ème} année secondaire en Tunisie, est examiné dans le contexte des oscillations électriques forcées. Notre approche consiste à identifier les éléments de savoir liés à cette notion en se basant sur les titres, sous-titres et le contenu des paragraphes du manuel. Chaque élément de savoir est ensuite classé dans le monde des théories et les modèles, ou celui des objets et événements. Nous considérons que les événements perceptibles, les phénomènes, les objets du champ expérimental, et les concepts catégoriels font partie du monde des objets et événements. Les concepts formels, les lois et les principes de la physique, les formules et les équations mathématiques appartiennent au monde des théories et les modèles. Nous identifierons ensuite, pour chaque élément de savoir les représentations sémiotiques associées.

Résultats

Le chapitre dans le manuel scolaire comporte trois parties principales qui sont : la production des oscillations, la résonance d'intensité et le bilan énergétique. En examinant le contenu, nous sommes amenés à élaborer les modèles suivants lors de l'analyse.

Légende de lecture :

: **Registre mathématique**

: **Registre graphique**

: **Registre Textuel**

N_0 : fréquence propre de l'oscillateur.
 N_e : fréquence excitatrice.
 $u_1(t)$ et $u_2(t)$: deux tensions synchrones quelconques.
 $u(t)$: tension aux bornes du générateur basse fréquence (GBF).
 $u_R(t)$: tension aux bornes du dipôle résistor qui nous informe sur la variation du courant.
 $I_m=f(N)$: courbe de variation de l'intensité maximale en fonction de la fréquence.
 $\varphi=f(N)$: courbe de variation de la phase initiale en fonction de la fréquence.
 U_{cm} : tension maximale aux bornes du condensateur

Partie I : production des oscillations

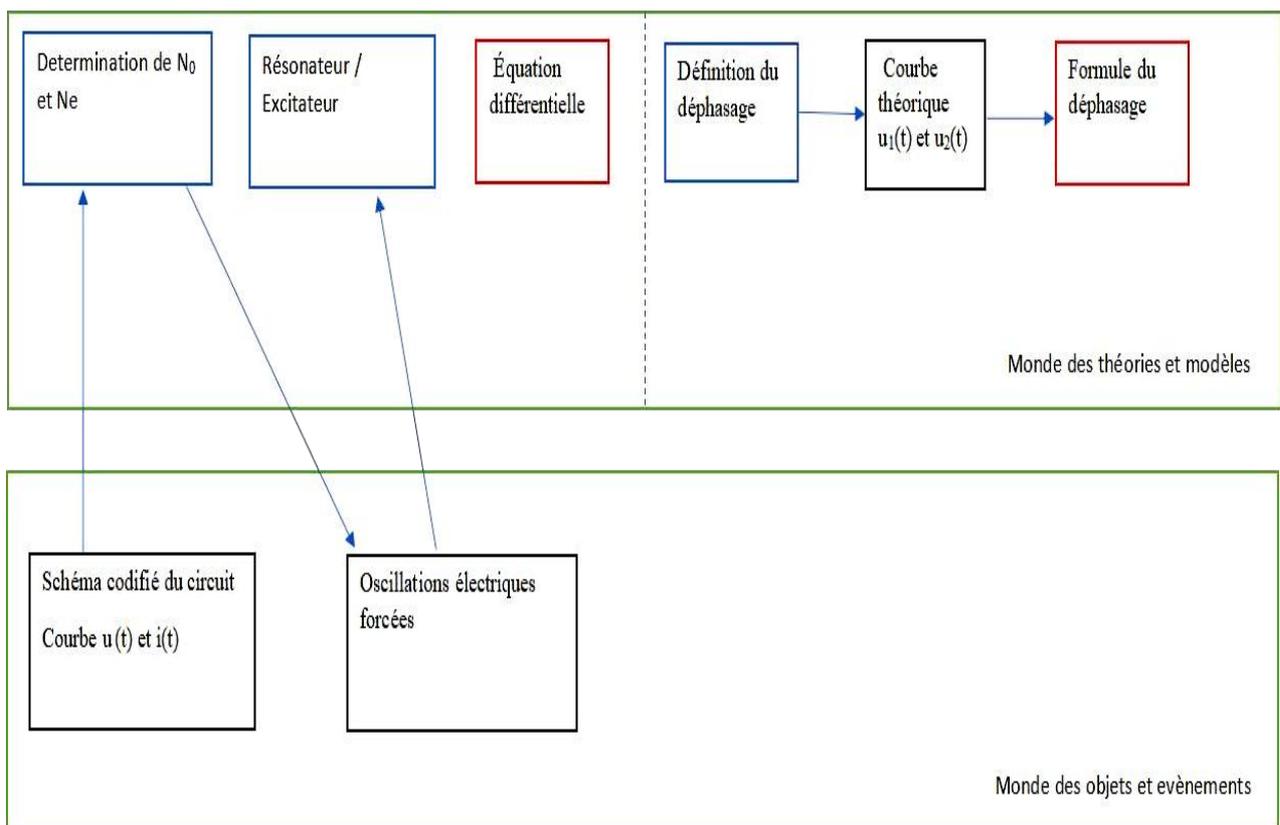


Figure 2: schéma des registres de la partie I

L'étude expérimentale des oscillations électriques forcées se fait dans un registre graphique. Du « schéma codifié » du circuit RLC (les appareils sont dessinés de façon schématique codifiée), on passe à des oscillogrammes présentant $u_R(t)$ et $u(t)$. L'accès aux fréquences, par l'application des modèles mathématiques, montre que $i(t)$ varie avec la même fréquence N que la tension $u(t)$ imposée par le

GBF et non avec la fréquence propre du circuit RLC série. Ce comportement diffère de celui des oscillations électriques libres (vues dans les chapitres précédents) correspondant à un nouveau phénomène que Malafosse (2000, 2001) appelle une seconde phénoménologie. L'effet de la variation de cette fréquence excitatrice est vu dans la partie II.

L'essentiel de l'information et de son traitement réside dans le registre mathématique. Les oscillogrammes présentant $u_R(t)$ et $u(t)$ ne jouent aucun rôle dans l'établissement de l'équation différentielle. Un aller-retour entre ces oscillogrammes et la solution de l'équation différentielle n'a pas été effectué.

Partie II : résonance d'intensité

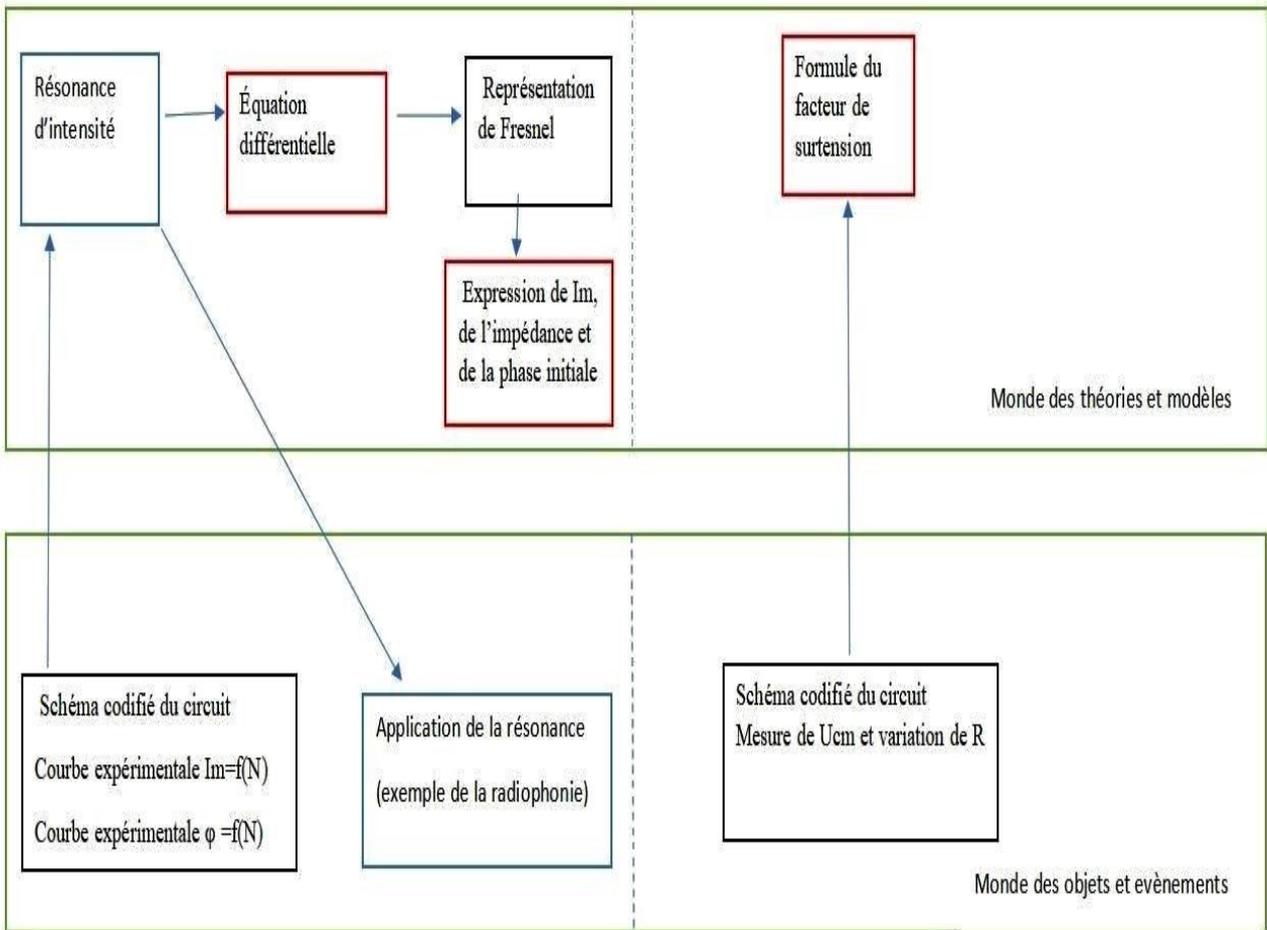


Figure 3: Schéma des registres de la partie II

Les courbes $I_m = f(N)$ et $\varphi = f(N)$ servent de référentiel expérimental pour le phénomène de résonance du circuit RLC. Cette résonance est associée alors au sommet de la courbe en cloche. Rien n'est dit sur les aspects énergétiques qui se déroulent dans le dispositif (Saddouki, 2019). La résonance semble donc associée à ce qui apparaît au niveau d'une représentation graphique. Aucun lien n'est établi dans le registre des représentations graphiques entre la construction de Fresnel et les courbes. Nous pensons que la mise en relation entre ces deux représentations peut faciliter la compréhension de la construction de Fresnel qui est un artefact nouveau pour les élèves.

Partie III : Bilan énergétique des oscillations forcées dans le circuit RLC, série en régime sinusoïdal

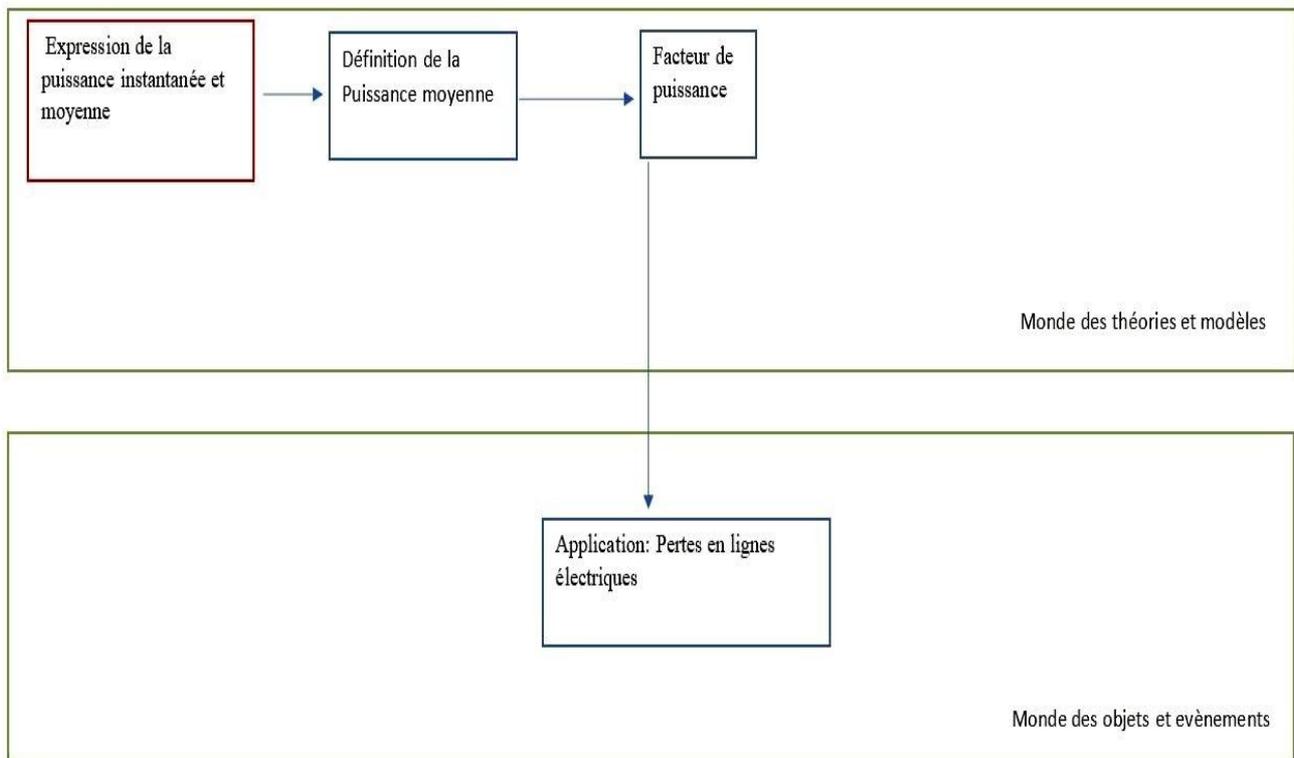


Figure 4: Schéma des registres de la partie III

Nous remarquons que la majorité du savoir proposé dans cette partie et son traitement réside dans le registre mathématique. En ce qui concerne le facteur de puissance, son intérêt a été mis en évidence en l’associant à des situations de la vie courante.

Discussion et Conclusion

Nos résultats montrent tout d’abord que les registres graphiques, textuels et mathématiques sont convoqués et mis en relation, mais ces mises en relation sont souvent unidirectionnelles. Pourtant, les allers et retours entre différents registres sémiotiques sont considérés comme fondamentaux pour la construction du sens des concepts physiques (Tiberghien et Vince, 2005).

Nos résultats montrent, également que le registre des représentations graphiques, bien qu’il soit fortement présent, très peu d’activités de traitement sont réalisées dans ce registre. Ces activités se réduisent à la détermination d’une valeur particulière. L’essentiel des opérations de traitement réside dans le monde des théories. Les phénoménologies associées aux modèles sont des représentations graphiques qui rendent visibles les aspects caractéristiques de ces modèles : sinusoïde de l’oscillateur avec une fréquence imposée, une courbe avec maximum pour la résonance d’intensité. La correspondance entre les savoirs en physique et les objets de la « vie réelle » a été établie uniquement pour les concepts de facteurs de puissance et résonance. Pourtant, Whitelegg et Parry (1999) considèrent que l’association entre l’enseignement de la physique et des situations « de la vie quotidienne » semble être un moteur de motivation pour les élèves.

Dans cette étude, nous avons examiné le savoir à enseigner relatif aux oscillations électriques forcées RLC séries à travers l’analyse du manuel scolaire, un prolongement de notre travail consisterait à analyser les pratiques effectives des enseignants.

Bibliographie

- Bächtold, M. (2014). L'enseignement des oscillations électriques forcées : une étude didactique de la modélisation. Thèse de doctorat, Université de Genève.
- Ben Youssef, A. (2018). Enseignement des oscillations électriques en RLC série : Défis et stratégies pour les enseignants en Tunisie. *Revue Tunisienne d'Éducation en Physique*, 12(3), 45-58.
- Malafosse, D., Lerouge, A., & Dusseau, J.-M. (2000). Vers une didactique des savoirs professionnels. *Didaskalia*, 16, 81-106.
- Chaachoua, M. (2017). La modélisation en didactique des sciences : une approche sémiotique. Thèse de doctorat, Université de Genève.
- Duval, R. (1988). Graphiques et équations. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 7(2), 235-261.
- Duval, R. (1993). *Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif*. Peter Lang.
- Duval, R. (1995). *Sémiose et pensée humaine*. Peter Lang.
- Duval, R. (1996). *Cognition et Instruction. Épistémologie et méthodologie*. Peter Lang.
- Hamdi, S. (2019). Stratégies d'enseignement efficaces pour les oscillations électriques en RLC série : Le cas des lycéens tunisiens. *Journal de Recherche en Éducation Scientifique*, 8(4), 275-290.
- Khaldi, M., & Autres, A. (2016). Obstacles conceptuels dans l'apprentissage des oscillations électriques en RLC série : Une étude de cas en Tunisie. *Éducation Physique et Didactique*, 25(2), 112- 130.
- Lévy-Leblond, J.-M. (1982). Physique et mathématiques. Dans R. Apéry et al. *Penser les mathématiques* (pp. 195-211). Paris : Seuil.
- Malafosse, D., & Lerouge, A. (2000). Ruptures et continuités entre physique et mathématique à propos de la caractéristique des dipôles électriques linéaires. *Aster, Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 30, 65-85.
- Malafosse, D., Lerouge, A., & Dusseau, J.-M. (2001). Étude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : changement de cadre de rationalité / Study in inter-didactics of mathematics and physics about acquisition of Ohm's law in high school : change of frame. *Didaskalia*, 18, 61-98.
- Malonga MOUNGABIO, F., & Beaufile, D. (2010). Modélisation et registres sémiotiques : exemple d'étude de manuels de physique de terminale. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 243, 293-316.
- Saddouki, S. (2019). Enjeux dans l'appropriation de la démarche d'investigation par des enseignants : Cas de l'enseignement de la résonance électrique en terminale scientifique [Thèse de doctorat, Université de Bretagne occidentale - Brest; Université virtuelle de Tunis]. <https://theses.hal.science/tel-03191625>
- Tiberghien, A. (1994). *Sémiosis et pensée scientifique*. Peter Lang.
- Tiberghien, A. (2000). Approche sémiotique de la modélisation. In M.-C. Menck, M.-J. Perrin-Glorian, & J.-L. Martinand (Eds.), *Actes du 3e colloque international sur l'enseignement des sciences et de la technologie* (pp. 111-122). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Études de l'activité des élèves de lycée en situation d'apprentissage de la physique. *Cahiers du français contemporain*, n° 10, 101-113.
- Tiberghien, A. (2009). *Modelling-based teaching and learning in science education*. Springer.
- Tiberghien, A. (2012). *Sémiose, modèles et apprentissage*. Peter Lang.
- Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). *Les modèles en didactique des sciences*. Armand Colin.

Whitelegg, E., & Parry, M. (1999). Real-life contexts for learning physics: Meanings, issues, and practice. *Physics Education*, 34(2), 68-72

Comment les lycéens se représentent-ils la transition énergétique ?

Igor Potapoff¹, Nicolas Hervé¹

1 : Education, Formation, Travail, Savoirs, École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole de Toulouse-Auzeville, Université Toulouse Jean Jaurès

Résumé

Notre communication porte sur la nature des représentations sociales (RS) que forment des lycéens sur la transition énergétique (TE). Elle vise à mieux comprendre la manière dont celle-ci peut être transposée dans la sphère éducative en proposant des balises pour l'enseignement. Pour ce faire nous mobilisons le modèle structural de la RS et utilisons la méthode de l'analyse prototypique rang/fréquence au travers d'un questionnaire d'association verbale iconographique à plusieurs dimensions (locale, nationale, internationale). Nos résultats (N=106) montrent que sur le plan national ou international la transition énergétique s'incarne de manière pessimiste alors que la perspective locale, sans toutefois s'exonérer des besoins énergétiques quotidiens, semble dépourvue de contraintes. La TE apparaît urgente et nécessaire au regard des générations futures, elle se traduit par une modération de consommation énergétique accompagnée d'un aménagement territorial différent des milieux de vie.

Mots-Clés : Transition ; Énergie ; Représentations Sociales ; Questions Socialement Vives ; Didactique.

Comment les lycéens se représentent-ils la transition énergétique ?

Si « les sociétés modernes se sont constituées en suivant une double aspiration à l'aisance matérielle et à un idéal politique de liberté individuelle » (Renouard et al., 2020, p. 135), il nous paraît essentiel, d'une part de comprendre les remises en cause et les impacts sociétaux de notre modèle de développement, et d'autre part d'apprécier les perspectives possibles d'une transition énergétique rendue obligatoire au regard des externalités négatives produites par nos modes de vie.

La transition énergétique : une notion polysémique

Le développement des sociétés industrielles, dont l'assise énergétique fossile a conduit l'humanité dans une nouvelle réalité géophysique (l'Anthropocène), doit se réinventer. Ce contexte inédit impose de relever des défis immenses, dont celui d'une transition énergétique. En quête de sens (Jarrige, 2022), la transition énergétique relève à la fois, d'une nécessité biogéophysique, compte tenu des enjeux d'habitabilité liés aux limites planétaires (Rockström et al., 2009), et d'un narratif scientifique et social impliquant une diversité d'acteurs sociaux, de politiques publiques, de discours médiatiques et d'imaginaires techniques.

La transition est porteuse de nombreuses incertitudes et controverses, notamment parce qu'il existe toute une gamme de scénarios de prospective : promesses hypothétiques de ruptures technologiques (la fusion nucléaire ou les technologies de capture carbone), déploiement massif de technologies existantes (relance du nucléaire, EnRi¹), accent mis sur les changements de modes de vie (sobriété). Au-delà de l'apparence d'un consensus sur la nécessité d'une transition portée par tous les acteurs (des associations d'utilité publique aux grands groupes pétroliers), les parties prenantes mobilisent une diversité d'arguments dans la sphère informationnelle pour légitimer des choix de société.

Reflet d'un monde énergétique en devenir dont les agencements sociotechniques dépendent de choix sociétaux, la transition énergétique est ainsi une notion polysémique. Elle appartient à la sphère des questions socialement (QSV) nécessitant une analyse socio épistémologique (Legardez, Simonneaux, 2006) et de ce fait bouscule les pratiques disciplinaires traditionnelles (Legardez, 2018). Elle engage à un positionnement différent selon l'intérêt que les groupes sociaux y trouvent, accréditant l'idée d'un terrain propice à la formation de représentations sociales selon Moscovici (1961).

Représentations sociales de la transition énergétique chez des lycéens

Dans son ouvrage fondateur de 1961, Moscovici introduit le concept de représentations sociales (RS), le conduisant à dessiner les contours des processus psychosociaux qui se mettent en place lorsqu'il s'agit de se familiariser collectivement avec de nouveaux concepts scientifiques. En effet les connaissances élaborées par la sphère savante puis propulsées dans l'espace public ne sont pas à la portée de tout un chacun et nécessitent pour être adoptées collectivement, d'être reformulées. Ce processus d'économie mentale joue un rôle fondamental dans nos rapports sociaux, que ce soit dans nos relations à autrui ou dans les interactions avec notre environnement. Pour l'homme ou la femme moderne les représentations sociales sont une des voies de saisie du monde concret (Moscovici, 1961), si bien que lorsqu'il s'agit d'élaborer une grille de lecture de la réalité au regard d'un objet particulier, les RS sont avant tout un formidable outil d'analyse des savoirs car elles permettent de dévoiler les mécanismes par lesquels des facteurs sociaux impactent le processus éducatif et en influence les résultats (Gilly, 2003). Ainsi, « [leur] prise en compte [...] pourrait être le gage d'apprentissages réussis,

¹ Énergies Renouvelables Intermittentes

capables de modifier les systèmes de représentations-connaissances et les pratiques sociales » (Legardez, 2016, p. 3). C'est pourquoi nous nous intéressons dans notre recherche à décrire la nature des représentations sociales que se forment des lycéens sur la transition énergétique.

La revue de littérature conduite par Jorgenson et al. (2019) souligne le fait que la majorité des travaux éducatifs portant sur la transition énergétique s'appuient essentiellement sur l'aspect performatif d'écogestes individuels favorisant les économies d'énergie au détriment d'actions publiques et collectives (Chawla & Cushing, 2007 ; Jensen, 2002). En ne se concentrant que sur les changements individuels en matière d'utilisation finale de l'énergie, les éducateurs en environnement négligent d'une part, les aspects politiques, spatiaux et sociaux consubstantiels à la macro transformation des systèmes énergétiques en place (Jacobsson & Lauber, 2006) et d'autre part, leur responsabilité dans la transmission d'un éventail d'options permettant à l'individu de participer activement à ces changements systémiques (Stevenson, 2007). Jorgenson et al. (2019) suggèrent donc de confronter les situations d'apprentissage sur la transition énergétique à l'aspect politique des mutations en cours et à venir et insistent sur l'opportunité d'accompagner les actions collectives que ce soit au niveau local, à l'échelle d'une région ou sur le plan international.

Méthodologie

Pour comprendre comment se construisent les représentations, comment elles fonctionnent et s'articulent avec d'autres processus psychosociaux, nous mobilisons le modèle structural de la RS (Abrić, 1994, Moliner et Guimelli, 2015). Ce dernier suppose une architecture de la représentation sociale structurée autour d'un noyau central stable, entouré d'une périphérie plus variable. Cette approche nous paraît adaptée à une première exploration et nous a conduit à utiliser la méthode de l'analyse prototypique systématisée par Vergès (1992). Cette dernière appartient aux techniques associatives (Flament et al., 2003). Elle consiste à demander dans un premier temps à des participants de fournir spontanément des mots ou expressions qu'ils associent à un objet, puis dans un deuxième temps de classer ces propositions en fonction d'un rang d'importance. Le corpus obtenu s'organise selon les fréquences d'occurrences et le rang choisi.

C'est afin d'explorer l'aspect multiscalair de la TE que nous proposons d'associer à notre énoncé de question une iconographie permettant de suggérer une dimension particulière. Ainsi, notre questionnaire se décompose en quatre étapes identiques au cours desquelles l'énoncé de la question est redondant mais associé à une image distincte. Une même question associée à une image différente nous permet d'explorer des échelles géographiques d'ordres locales, nationales, et mondiales. Le tableau 1 réunit les différentes étapes du questionnaire avec les iconographies associées permettant d'explorer des dimensions distinctes de la transition énergétique.

Énoncé de la question	Étape du questionnaire	Type de questions	Iconographies associées	Échelles explorées
Lorsque tu entends l'expression « transition énergétique », quels sont les 4 mots ou expressions qui te viennent spontanément à l'esprit ?	Première	Association verbale Classement par rang d'importance	Aucune	Non déterminée
Lorsque tu entends l'expression « transition énergétique », quels sont les 4 mots ou expressions qui te viennent spontanément à l'esprit ?	Deuxième	Association verbale Classement par rang d'importance		Locale
Lorsque tu entends l'expression « transition énergétique », quels sont les 4 mots ou expressions qui te viennent spontanément à l'esprit ?	Troisième	Association verbale Classement par rang d'importance		Nationale
Lorsque tu entends l'expression « transition énergétique », quels sont les 4 mots ou expressions qui te viennent spontanément à l'esprit ?	Quatrième	Association verbale Classement par rang d'importance		Mondiale

Tableau 1 : Iconographies associées, types de questions et dimensions explorées en fonction des différentes étapes du questionnaire d'association verbale

En plus des questions d'association verbales nous avons ajouté une dernière question à choix multiples où le répondant doit choisir cinq propositions parmi douze afin de caractériser la notion de transition énergétique. L'ensemble des propositions liées à la question à choix multiples sont présentées dans le tableau 2 ci-après.

Listes des propositions pour caractériser la transition énergétique
Abandonner le pétrole, le gaz et le charbon
Agir de manière urgente pour les générations futures
Aménager différemment les milieux de vie
Baisser nos consommations d'énergie individuelles et collectives
Consommer et produire de l'énergie différemment
Dépendre de minéraux métalliques nécessaires à la transition électrique
Disposer d'une nouvelle source d'énergie abondante stockable et pas chère
Lutter contre le changement climatique
Organiser le territoire différemment
Passer du thermique à l'électrique
Renoncer à notre mode de développement
S'engager dans le renouveau nucléaire

Tableau 2 : Liste des propositions pour caractériser la transition énergétique

Notre échantillon est composé de lycéens (N=106) scolarisés dans l'académie de Limoges (87 – Haute Vienne). Il est constitué sur la base d'une appartenance géographique spécifique (urbain/rural) couplé à une dimension par filière (enseignement agricole, technique, professionnel).

Après collecte des réponses nous avons effectué une homogénéisation du corpus par thématisation, puis un codage manuel des ordonnancements pour permettre un traitement sous le logiciel IraMuTeQ. Ce dernier a permis une analyse prototypique rang/fréquence ainsi qu'une analyse de similitude accompagné d'un arbre maximum.

Résultats

Notre analyse porte sur les ordonnancements, les hiérarchisations et les relations des éléments constitutifs de la représentation sociale au regard de l'objet transition énergétique. Les figures 1 et 2 ci-après constituent deux exemples de graphiques obtenus suite au traitement avec le logiciel IraMuTeQ.

La figure 1 représente un graphique rang/fréquence obtenu à partir d'un échantillon (N=106) d'élèves lycéens non genrés, sans appartenance géographique ni filières d'enseignements spécifiques. Il s'agit de la première étape de notre questionnaire d'association verbale, il n'y a pas d'iconographie associées, donc pas de dimension spécifique explorée.

La figure 2 représente une analyse de similitude obtenue à partir d'un échantillon (N=106) d'élèves lycéens non genrés, sans appartenance géographique ni filière d'enseignements spécifiques répondant à la partie finale du questionnaire. Il ne s'agit pas d'une question associative mais à choix multiples. Il n'y a donc pas de dimension spécifique explorée. La taille des disques est proportionnelle au nombre d'occurrences, c'est-à-dire le nombre de fois que cet item a été choisi parmi les douze proposés. Les disques de mêmes couleurs forment une communauté identifiée. Les indices présents en bleus sur les arêtes reliant deux disques correspondent aux nombres de cooccurrences, traduction de l'intensité des liens qu'entretiennent les items entre eux.

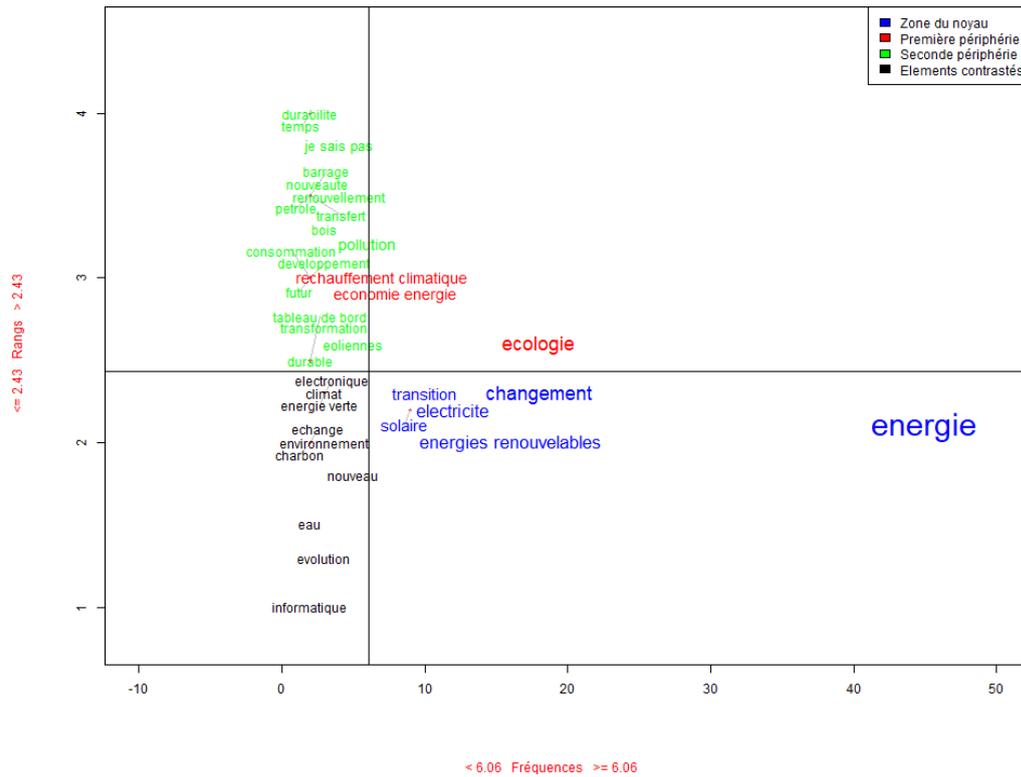


Figure 1 : Exemple d'analyse prototypique rang fréquence. Représentation matricielle avec une occurrence minimale de 2

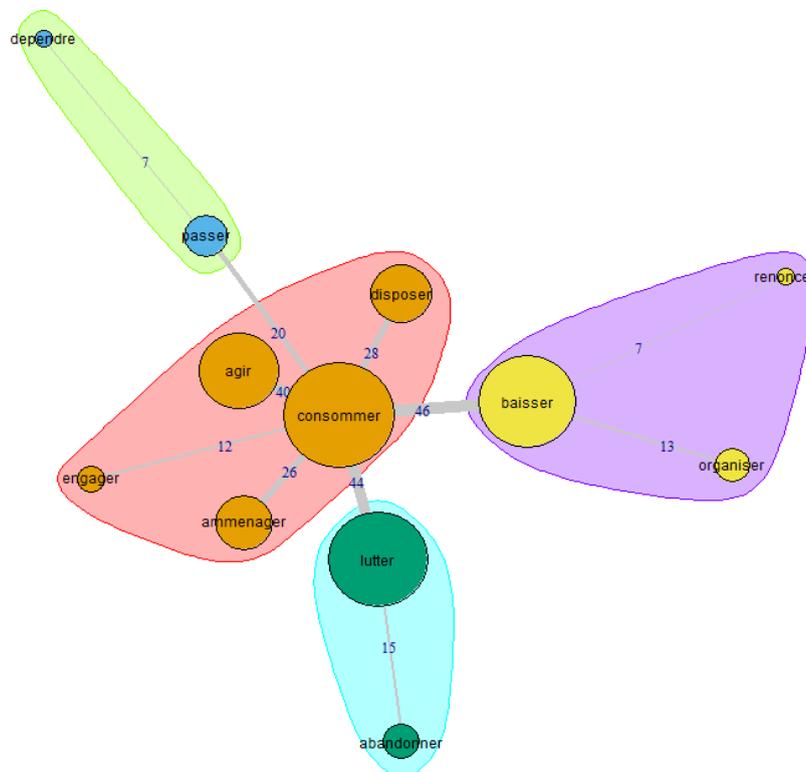


Figure 2 : Exemple d'analyse de similitude et arbre maximum. Présentation de Fruchterman, T. et Reingold, B. (1991). Seuil pour les arêtes : 2. Représentation communautaire avec halo coloré

Dimensions locales, nationales et internationales de la TE

L'échelle locale s'articule autour des finalités d'usages énergétiques comme la lumière, le chauffage, l'isolation et leurs impacts économiques. Les perspectives locales de transition énergétique semblent minimiser les externalités négatives sans toutefois s'exonérer des besoins énergétiques du quotidien.

Les perspectives nationales et internationales semblent accréditer l'idée que plus l'échelle est large plus les associations produites en rapport avec la transition énergétique au niveau du noyau et de la première périphérie se focalisent sur certains aspects englobants comme la pollution, la consommation et son signifiant sous-jacent la surconsommation, le climat et son changement. Dans le même temps les associations produites pour ces échelles sont fréquemment appairées à l'expression « je sais pas » ce qui pourrait amener à penser que la transition énergétique en dehors du cadre local et quotidien est abstraite et/ou confuse.

Ce n'est qu'à l'échelle mondiale que la notion de climat apparaît, suggérant l'idée que le climat n'est présent qu'au niveau mondial et qu'il est déconnecté des considérations météorologiques locales. C'est aussi seulement à l'échelle nationale que nous voyons apparaître des propositions d'associations verbales caractéristiques d'infrastructures énergétiques comme l'éolien et le nucléaire. Comme si la dimension locale ne faisait pas partie du réseau de distribution d'énergie. La dimension locale serait en quelque sorte déseboîtée des considérations nationales et internationales.

La TE, une trajectoire commune avec des priorités différentes

Les réponses à notre dernière question à choix multiple dévoilent quatre communautés dont les caractéristiques sont les suivantes. La première souhaite agir pour les générations futures en réaménageant les milieux de vie tout en disposant d'une nouvelle source d'énergie abondante stockable et bon marché via le programme nucléaire. La deuxième communauté envisage la baisse des consommations collectives et individuelles d'énergie et cela passe par une organisation territoriale différente qui induit peut-être un renoncement à notre mode de développement. La troisième communauté fait de la lutte contre le changement climatique une priorité et envisage l'abandon des sources fossiles. La dernière considère que les enjeux se situent dans le passage du thermique à l'électrique tout en étant consciente d'une probable dépendance future aux minéraux nécessaires à l'électrification des usages.

Conclusion et perspectives

Pour une importante majorité des répondants plus on avance dans le questionnaire plus les résultats semblent fragmentés et peu en rapport avec l'objet. L'augmentation des dimensions rend l'objet transition énergétique plus complexe à associer de manière spontanée et agrège, au fur et à mesure, des propositions hétérogènes de plus en plus pessimistes et négatives. De par sa nature même la TE s'approprie comme un exercice de pensée exploratoire mobilisant des imaginaires énergétiques en devenir. Ces derniers étant dépendants de choix sociétaux, nos résultats suggèrent la nécessité d'adopter une démarche pédagogique à visée prospective. La mise en place d'un atelier de prospective énergétique auprès d'un public lycéen est la principale perspective de notre étude exploratoire.

Bibliographie

- Abric, J.-C. (1994). *Pratiques sociales et représentations*. Presses Universitaires de France.
- Barthes, A., et Alpe, Y. (2016). *Utiliser les représentations sociales en éducation*. L'Harmattan.
- Chawla, L., & Cushing, D., F. (2007). Education for strategic environmental behavior. *Environmental Education Research*, 13(4), 437-452.
- Flament, C., et al. (2003). *Anatomie des idées ordinaires, comment étudier les représentations sociales*. Armand Colin.
- Fruchterman, T. et Reingold, B. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software-Practice and Experience*, 21, 1129-1164.
- Gilly, M. (2003). Les représentations sociales dans le champ éducatif. Dans : Denise Jodelet (dir.), *Les représentations sociales* (p. 383-406). Presses Universitaires de France.
- Jacobsson, S., & Lauber, V. (2006). The politics and policy of energy system transformation— Explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy*, 34(3), 256–276.
- Jarrige, F. (2022). On arrête (parfois) le progrès - Histoire et décroissance. L'échappée.
- Jensen, B. B. (2002). Knowledge, action and pro-environmental behaviour. *Environmental Education Research*, 8(3), 325-334.
- Jorgenson, S., N. Stephens, J., C., White, B. (2019) Environmental education in transition: A critical review of recent research on climate change and energy education, *The Journal of Environmental Education*, 50:3, 160-171
- Legardez, A., et Simonneaux, L. (dir.). (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité : Enseigner les questions vives*. ESF.
- Legardez, A., (2016). Questions Socialement Vives, et Éducation au Développement Durable. L'exemple de la question du changement climatique. *Revue francophone du développement durable*, 6, 11-22.
- Moliner, P., et Guimelli, C. (2015). *Les représentations sociales*. Presses Universitaires de Grenoble.
- Moscovici, S. (1961). *La psychanalyse, son image et son public*. Presses Universitaires de France.
- Renouard, C., Beau, R., Goupil, C., et Koenig C. (2020). *Manuel de la grande transition*. Les Liens Qui Libèrent.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475.
- Stevenson, R. (2007). Schooling and environmental education: Contradictions in purpose and practice. *Environmental Education Research*, 13(2), 139–153.
- Vergès, P., (1992). L'évocation de l'argent : une méthode pour la définition du noyau central d'une représentation. *Bulletin de Psychologie*, 45, 405, 203-209.

Transposition de l'usage du planétaire humains par des enseignants

Emmanuel Rollinde¹, Anne-Amandine Decroix¹

¹ : Laboratoire de Didactique André Revuz, Université de Rouen Normandie, Université de Lille, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université

Résumé

Dans cette recherche nous nous intéressons à un outil pédagogique particulier, le planétaire humain, qui permet un apprentissage incarné des sciences, tout en tissant des liens entre plusieurs disciplines scolaires. Nous nous appuyons sur le cadre de la TAD pour décrire l'organisation praxéologique disciplinaire du planétaire puis nous analysons la manière dont des enseignants du collège (mathématique et physique-chimie) qui ont suivi une journée de formation déclarent avoir mis en place les différents types de tâches identifiés après trois années d'implémentation dans leurs classes (praxéologie didactique). Bien que l'utilisation du planétaire se soit faite en équipe pluri-disciplinaire, l'approche pédagogique reste centrée sur une discipline. Les résultats obtenus montrent que les enseignants font une sélection de certains types de tâches et techniques de références en lien avec les programmes du collège.

Mots-Clés : Formation ; Praxéologie ; Mathématique ; Physique ; Astronomie

Praxéologie disciplinaire et didactique de l'usage du planétaire humain

Introduction

Le thème de l'astronomie, considéré comme attractif pour les jeunes (Jarman & McAleese, 1996 ; Sjøberg & Schreiner, 2010, p. 29), est présent dans les programmes scolaires de plus de la moitié des pays de l'OCDE, quel que soit le niveau (Salimpour et al., 2021). Son enseignement requiert la mobilisation de concepts et d'outils issus de diverses disciplines scolaires.

Dans cette contribution, nous proposons d'analyser l'appropriation d'un outil pédagogique spécifique, le planétaire humain, par des enseignants après une formation d'une journée. Le planétaire humain (Figure 1 ; Abboud & Rollinde, 2021) est une représentation matérielle plane des déplacements d'une partie des corps du Système Solaire autour du Soleil. L'échelle utilisée est d'un mètre pour une unité astronomique. Les positions des planètes internes, de Mercure à Mars, le long de leur orbite sont représentées à intervalle de temps constant de 16 jours. Pour la comète Encke, dont l'excentricité est grande, elles sont éloignées de trois fois 16 jours.

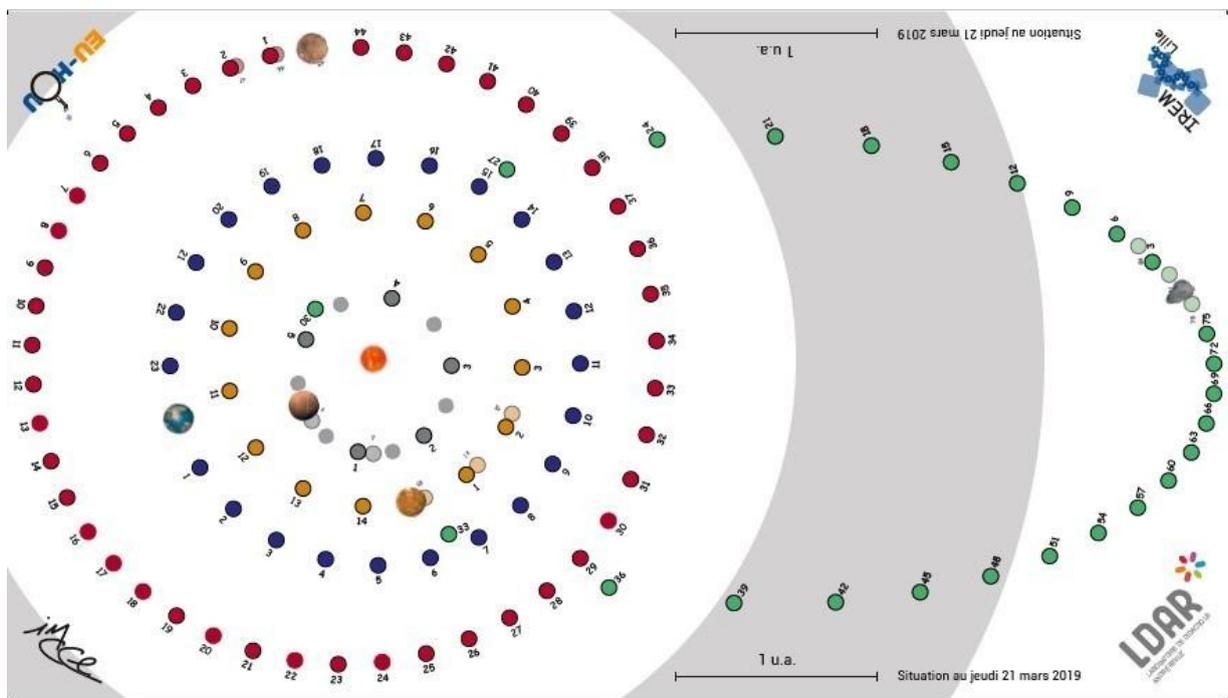


Figure 1 : Le planétaire humain

Les apprenants se déplacent le long de chaque orbite, en écoutant l'animateur taper régulièrement dans ses mains. Ils avancent en faisant un pas entre deux sons et en posant leur pied à chaque son sur le chiffre suivant, ce qui leur permet de reproduire la cinématique des planètes. Les recherches précédentes ont montré que le planétaire permet

un apprentissage de nombreux concepts de mathématiques et de physique, décrits par Abboud et Rollinde (2021). Ils sont repris de façon plus détaillée dans cette contribution, sous la forme d'une praxéologie disciplinaire (voir ci-dessous le cadre de la TAD).

Contexte de l'étude

Cette approche a été initiée dans le cadre des Plan Académique de Formation par l'association F-HOU¹. Le planétaire est devenu un objet de recherche en didactique des sciences et des mathématiques lors de la création d'un groupe de travail au LDAR² sur les apports de l'utilisation de cet objet pour l'enseignement (groupe ESMEA). Le lien avec le groupe IREM de Lille s'est établi en 2019 lors d'une première journée de formation, et s'est développé à travers le projet européen ARISTARCHUS³. Les groupes ESMEA et IREM sont considérés ici comme deux institutions, composées de chercheurs en didactique pour la première et d'enseignants expérimentés de collège pour la seconde.

L'IREM de Lille, est un institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques, de formation des enseignants et de production et de diffusion de supports éducatifs. L'IREM a mis en place une formation autour du planétaire en mai 2019 auprès d'une quinzaine d'enseignants de collège, de mathématiques et de sciences expérimentales. Cette formation d'une journée, nommée J1 dans la suite, était organisée plus sur le mode "action / faire les séquences" que sur le mode prescriptif. Il s'agissait de faire vivre des séances déjà existantes aux stagiaires pour qu'ils s'approprient les possibilités d'apprentissage avec le planétaire.

Suite à cette journée de formation, les participants ont pu emprunter une bâche représentant le planétaire à l'IREM afin de mener des séances auprès de leurs élèves. Ces séances peuvent s'inspirer de celles vécues lors de la J1 ou être créées intégralement par les enseignants. Une nouvelle journée de formation (J2) avec l'IREM de Lille a eu lieu en octobre 2023 avec les mêmes enseignants. Les enseignants ont été invités à présenter les activités qu'ils ont menées à la suite de la journée J1 avec leurs élèves. Nous cherchons à analyser les choix faits par les enseignants parmi les activités possibles sur le planétaire. L'ensemble des notions et connaissances associées renvoient à des savoirs et des savoir-faire que l'on peut caractériser dans le cadre de la Théorie Anthropologique du Didactique (notée TAD, Chevallard, 1998).

Question de recherche et cadre de la TAD

Dans le cadre de la TAD, l'astronomie du Système Solaire peut être envisagée comme une *oeuvre* de la culture (Chevallard, 2007, p. 21). Le planétaire est ici considéré comme un

¹ handsonuniverse.org/france

² ldar.website/esmea

³ aristarchusproject.eu

objet, en tant qu'« entité, matérielle ou immatérielle, qui existe pour au moins un individu » (Chevallard, 2003, p.1). Nous notons que la bache représentant le planétaire met en jeu à la fois une carte “matérielle” et, à travers l'identification des élèves aux planètes, une entité “immatérielle”. Pour chaque institution, l'activité sur le planétaire peut être décrite suivant un modèle désigné par le terme de praxéologie.

La TAD permet de modéliser les savoirs et savoir-faire associés à un élément de la culture disciplinaire, pôle associé au savoir du triangle didactique (voir par exemple Vince & Tiberghien, 2012). Ainsi, Artigue et Blomhøj (2013) ont analysé la pratique « inquiry-based education » à la lumière de plusieurs cadres dont la TAD, tandis que Di Fabio et al. (2021) ont pu repérer les difficultés des étudiants de première année de physique à propos des vecteurs en cinématique. Plus proche de notre problématique, Venturini et al. (2007) ont analysé à travers le cadre de la TAD les pratiques d'enseignement de la physique d'une professeure expérimentée. Il est ainsi nécessaire de distinguer une praxéologie disciplinaire qui décrit « la réalité des objets qui peut se construire dans une classe » d'une praxéologie didactique qui décrit « la manière dont peut se construire la réalité de ces objets de savoir » (Chevallard, 1999 ; cité par Pelissier, 2011, p. 102-107). L'usage du planétaire a été étudié et analysé par le groupe de recherche ESMEA, permettant ainsi la construction d'une praxéologie disciplinaire. L'usage du planétaire a été introduit en J1 à un groupe d'enseignants de l'IREM de Lille, qui l'ont ensuite utilisé en classe. Nous interrogeons, à partir de pratiques déclarées, les éléments de la praxéologie disciplinaire qui sont conservés dans la praxéologie didactique.

Méthodologie

Lors de la journée J1, les enseignants ont pu vivre eux-mêmes des séances d'enseignement-apprentissage de cinématique et de mathématiques sur le planétaire (autour de la vitesse et de la proportionnalité, des trajectoires et des référentiels). Tous les savoirs présents dans la praxéologie disciplinaire (décrite plus bas) ont été transmis aux enseignants sous forme d'activités. La structure de praxéologie n'a jamais été mentionnée aux enseignants. Quatorze enseignants de collège ayant participé à la J1 étaient présents lors de la J2 (sept de mathématiques, six de sciences physiques et chimiques et un de sciences de la vie et de la Terre). Au cours des trois années entre les journées J1 et J2 (dont l'année particulière du confinement), les enseignants ont construit et mené leurs propres séances avec leur classe. Certains ont travaillé en binôme mathématiques et SPC. D'autres ont travaillé au sein du groupe IREM. Aucun n'a eu de contact avec les chercheurs.

Notre corpus est constitué de prises de notes et d'enregistrements audios obtenues lors des présentations des enseignants. A travers les actions et consignes présentées par les enseignants et donc de pratiques déclarées, nous repérons les tâches et techniques issus de la praxéologie disciplinaire, afin de définir les choix des enseignants pour construire la réalité [du planétaire] dans leur classe.

Nous commençons la section suivante par la description de la praxéologie disciplinaire associée au planétaire humain, avant d'analyser la praxéologie didactique à travers les pratiques déclarées des enseignants.

Analyse

Praxéologie disciplinaire

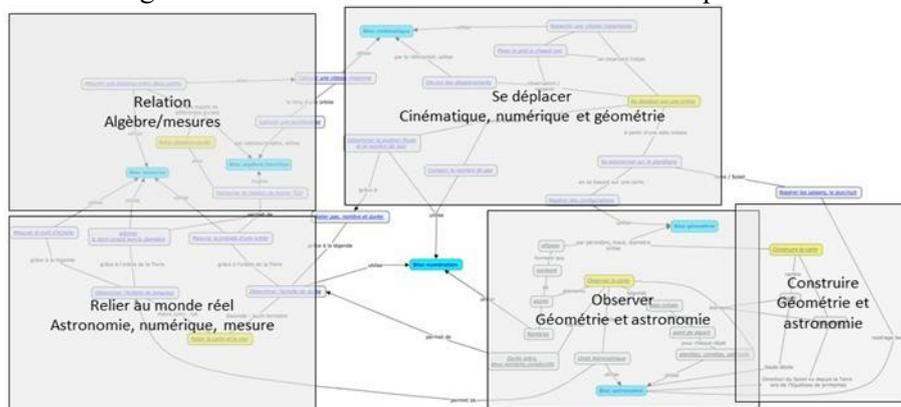
Dans cette partie, nous allons décrire l'organisation praxéologique disciplinaire issue du travail de recherche du groupe ESMEA (Tableau 1 en fin de section). L'organisation praxéologique est composée de techniques qui permettent d'accomplir, de réaliser des tâches ou des types de tâches (savoir-faire) et de théories rattachées à une technologie (logos, savoir). Nous considérons des tâches selon des activités définies par un verbe d'action (par exemple, « se déplacer »). La réalisation de cette tâche nécessite la maîtrise d'une technique, d'une « manière de faire » (« poser un pied sur le point suivant à chaque clap, et faire un pas sur une même durée entre deux claps »). Cette technique doit être justifiée ou expliquée par une technologie (« un déplacement se définit par une durée et une distance » et « la durée est donnée par les claps réguliers »). Si nécessaire, la technologie peut être justifiée elle-même par une théorie plus générale (« la cinématique »). La théorie a le même rôle par rapport à la technologie que celui de la technologie par rapport à la technique. Une organisation praxéologique peut s'organiser en deux blocs : un bloc pratico-technique (la praxis ou le savoir-faire) qui regroupe l'ensemble des types de tâche et technique et un bloc technologico-théorique (le logos ou le savoir) qui regroupe l'ensemble technologie et théorie.

Savoirs liés au planétaire

Plusieurs théories sont présentes dans l'organisation praxéologique du planétaire : astronomie, cinématique et dynamique, géométrie, algèbre & numérique, mesures. En particulier, les caractéristiques des objets sont décrites par la théorie « astronomie » (au sens large) et leurs trajectoires (orbites) par les théories Newtonienne de la cinématique, de la dynamique, et de la gravitation universelle. Les relations de Kepler, qui dérivent des lois de Newton, sont considérées comme une technologie si elle justifie la recherche de relation entre période et grand axe, et comme théorie si elle justifie l'utilisation de technologie associée aux ellipses.

Les technologies spécifiques au planétaire sont reliées aux principes de la mesure d'une part, et aux principes des cartes au sens géographique et de la cinématique d'autre part : présence d'échelle, de série numérique, besoin d'identifier des distances et des durées.

Figure 2 : carte mentale des tâches menées sur le planétaire



Savoir-faire - tâche et technique

Les tâches et techniques mises en jeu lors de l'utilisation du planétaire sont décrites par

une carte mentale (Figure 2) qui sert en particulier à articuler des séquences d'enseignement sur des temps plus longs. Cette carte est divisée en groupes correspondant à des types de tâche comme par exemple : observer, se déplacer, établir des relations, construire.

Observer et décrire le planétaire. Il s'agit de donner du sens à chaque signe présent sur la bache du planétaire. Les objets présents sont reliés à la théorie "astronomie" ; les nombres et la compréhension du cycle sont reliés à la théorie "numérique" ; les échelles de durée et de distance sont reliées à la théorie "cinématique". Nous remarquons ici que l'observation et la mesure de la forme des orbites conduit à une tâche spécifique pour retrouver le "centre" des orbites (Rollinde & Maisch, 2023).

Se déplacer. Comme les planètes se déplacent", les élèves doivent faire un pas entre deux nombres successifs pendant une durée définie par des sons réguliers. Ils vont alors percevoir et comparer leur vitesse (Rollinde, 2019) et devront décrire leur mouvement en se mettant à la place de différents observateurs (Rollinde, Decamp, Derniaux, 2021). Ces tâches sont en lien avec la théorie "cinématique". La mise en place des élèves sur la position de départ nécessite de reproduire une configuration donnée ("géométrie") ou de déterminer le numéro correspondant à une date donnée ("numérique").

Etablir des relations. Les relations les plus classiques sont : la proportionnalité (pour une vitesse constante) entre distance et durée (Abboud, Hoppenot, Rollinde, 2019) ou la loi de puissance entre grand axe et période (Rollinde, 2019) en prenant en compte le passage de la carte (la bache représentant le planétaire) au monde réel avec les différentes unités associées au contexte du Système Solaire et les instruments de mesure.

Construire son planétaire dans la cour des écoles (Rollinde, Nechache & Abboud, 2022). Cette construction implique des éléments d'astronomie pour donner du sens, mais surtout des éléments de géométrie (alignement, tracé d'une ellipse, agrandissement).

Etude praxéologique de l'usage du planétaire par les enseignants du groupe IREM

Description de ce qui a été fait au cours des trois années

Un premier binôme, composé d'un enseignant de physique-chimie et d'un enseignant de mathématiques, a utilisé le planétaire deux semaines par an. Dans un premier temps, les élèves découvrent le planétaire, essaient d'identifier les astres représentés. Ils calculent la durée entre deux points à partir de l'orbite de la Terre. Ils se déplacent et cherchent la date correspondant à la position sur laquelle ils se trouvent. Ils calculent la distance moyenne de

chaque planète par rapport au Soleil en mesurant directement sur la bache (1UA=1m). Ils travaillent l'alternance des journées et des nuits en reproduisant le mouvement de rotation de la Terre. Un réinvestissement est fait en cherchant la date à laquelle on peut apercevoir des étoiles filantes (trajectoire de la comète Encke).

Un autre enseignant fait réfléchir les élèves sur la présence de certains astres et l'absence d'autres : la Lune, qui dans cette représentation serait englobée par les points de l'orbite de la Terre, les autres planètes et étoiles qui seraient, à l'échelle du planétaire, beaucoup trop loin. Il présente ensuite une activité sur le lien entre le mouvement du Soleil dans le référentiel terrestre et le mouvement de rotation de la Terre dans le référentiel héliocentrique. Les orbites des planètes lui permettent également de travailler les ellipses. Avec ses élèves de 3^{ème}, il montre la différence entre le jour solaire et le jour sidéral.

Les autres enseignants utilisant le planétaire affirment faire essentiellement, et de manière similaire, une séance de découverte du planétaire et l'alternance des journées et des nuits mais ne présentent pas en détail leurs séances.

Les enseignants déclarent utiliser le planétaire pour des raisons diverses comme : provoquer le travail en équipe, travailler des thèmes aux programmes. Ils précisent que le fait de se déplacer sur le planétaire permet aux élèves de mieux fixer les notions travaillées, et mettent en avant le fait que le planétaire a un rôle positif sur l'engagement des élèves.

Eléments de praxéologie mis en œuvre par les enseignants

Les types de tâches mises en œuvre par tous les enseignants sont : “observer et décrire ce qu'ils observent sur la bache”, “se déplacer”. Deux enseignants d'un même collège ont aussi réalisé la tâche “Mesurer” et un enseignant de mathématiques la tâche “Construire”. Les éléments de praxéologies mise en œuvre par les enseignants sont soulignés dans le tableau 1.

Pour la tâche ‘Observer et décrire la carte’, les techniques utilisées sont “identifier des objets” et les technologies associées uniquement “connaissances des objets”. Ils ne mobilisent donc que la théorie “Astronomie”. Pour la tâche “se déplacer”, les techniques utilisées par tous les enseignants sont “proposer des règles de déplacement”. Un enseignant propose également la tâche “changer de point de vue”, les théories mobilisées sont donc la “cinématique” et en particulier les “référentiels”.

Les deux enseignants qui ont mis en jeu la tâche “mesurer” mobilisent la technologie “unité” et donc la théorie “mesure” mais la technologie “incertitudes” n'est jamais mobilisée. L'enseignant qui a mis en œuvre la tâche “construire” a utilisé uniquement la technique “tracer des ellipses” et donc la technologie “ellipse” associées à la théorie “géométrie”

Type de tâche	Techniques	Technologies	Théories
<u>Observer et décrire la carte</u>	- Identifier des objets - Identifier des nombres et des disques	- Les signes sur une carte sont porteurs de sens - Le Système Solaire est constitué d'objets dont la trajectoire est périodique	- Astronomie - Numérique - Géométrie - Cinématique
<u>Se déplacer (proposer des règles de déplacement)</u>	- poser un pied sur le point suivant à chaque clap, et faire un pas sur une même durée entre deux claps	Le déplacement est défini par une distance (les positions le long des orbites de couleur) et une durée (entre deux points)	- Cinématique
<u>Réaliser un déplacement</u>	- Trouver le point de départ et d'arrivée - Utiliser l'échelle de durée	la durée entre deux points est constante et donnée par l'échelle	- Numérique et division euclidienne - Géométrie
<u>Changer de point de vue</u>	Définir la position d'un point par rapport à un autre	Rôle de "l'observateur"	<u>Changement de référentiel</u> Cinématique
<u>Mesurer des grandeurs</u>	- Utiliser un instrument de mesure, - Prendre en compte la présence de disques	- Incertitudes et unités	- Mesure
Mettre en relation des grandeurs	- Construire des tableaux de distance et de durée (proportionnalité)	- Relations de cinématique et relations de Kepler	- Algèbre & Numérique - Lois de Newton
Définir la forme géométrique des orbites	- Utiliser des propriétés des cercles et des ellipses	- Propriétés mathématiques de proportionnalité et de géométrie	- Relation de Kepler - Géométrie
<u>Construire son planétaire</u>	- Définir les objets à placer - Utiliser des cordes pour tracer - Agrandir la carte	- Le Système Solaire - Méthode "du jardinier" - homothétie	- Astronomie - Relation de Kepler - Géométrie

Tableau 1. Organisation praxéologique disciplinaire liée à l'utilisation du planétaire. Les éléments soulignés correspondent à la praxéologie didactique déclarée par les enseignants

Discussion et conclusion

L'analyse menée dans cet article, à partir de recherches basées sur l'observation de séances, a permis la construction d'une praxéologie disciplinaire (ESMEA), puis l'étude d'une praxéologie didactique par des enseignants (IREM) à la suite d'une formation.

Cette première étude montre que certaines tâches de la praxéologie disciplinaire ne sont pas reprises dans la praxéologie didactique. L'institution IREM est constituée d'enseignants au collège. Par conséquent, ils n'ont donc pas eu besoin de toutes les tâches associées à des théories travaillées au primaire (numérique) ni des tâches associées à des théories vues au lycée (e.g. les lois de Newton).

Parmi les tâches et techniques abordées lors de la J1, qui sont au programme du collège et qui n'ont pas été réinvesties par les enseignants, nous pouvons mentionner en particulier les technologies "incertitudes" et la tâche "mettre en relation" malgré la présence

d'enseignants de mathématiques. Bien que l'utilisation du planétaire se soit faite en équipe pluridisciplinaire (mathématique/physique-chimie), l'approche pédagogique déclarée mise en œuvre semble centrée essentiellement sur une discipline, la physique. Cette focale sur la physique peut s'expliquer par l'artefact qui provient de l'astronomie, donc *a priori* dans la discipline de la physique.

Nous allons observer au second semestre 2024 les enseignants dans leur classe, afin d'analyser leur pratique effective et de la confronter à leur pratique déclarée et donc d'affiner la praxéologie didactique qui se vit dans la classe. Ce type d'analyse pourra ensuite être menée pour d'autres institutions et d'autres contextes de formation.

Bibliographie

- Abboud, M., Hoppenot, P., & Rollinde, E. (2019). Enhancing mathematics and science learning through the use of a Human Orrery. In *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (No. 2). Freudenthal Group; Freudenthal Institute; ERME.
- Abboud, M., & Rollinde, E. (2021). Les Mathématiques du Système Solaire en plein air. Le planétaire humain au collège. *Repères IREM, IREM*, 37-62.
- Artigue, M., & Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *Zdm*, 45, 797-810.
- Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : l'approche anthropologique. *Actes de l'UE de la Rochelle*, 91-118.
- Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. *Rapport au savoir et didactiques*, 81-104.
- Chevallard, Y. (2007). Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique. *Sociedad, escuela y matemáticas. Aportaciones de la Teoría Antropológica de lo Didáctico*, 705-746.
- Jarman, R., & McAleese, L. (1996). Physics for the star-gazer: Pupils' attitudes to astronomy in the Northern Ireland science curriculum. *Physics Education*, 31(4), 223-226.
- Di Fabio, A., de Hosson, C., & Décamp, N. (2021). Le tracé des vecteurs en cinématique : étude de réponses d'étudiants de licence 1 de physique. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (23), 139-159.
- Pelissier, L. P. (2011). *Étude des pratiques d'enseignement des savoirs de l'épistémologie en classe de physique de lycée général*. Doctoral dissertation, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II.
- Rollinde, E. (2019). Learning science through enacted astronomy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(2), 237-252.
- Rollinde, E., Decamp, N., & Derniaux, C. (2021). Should frames of reference be enacted in astronomy instruction?. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 013105.
- Rollinde, E., Nechache, A., & Abboud, M. (2022). Etude du travail géométrique autour des ellipses avec le planétaire humain. *Septième symposium d'Etude sur le Travail Mathématique-ETM7-Strasbourg*, 309-320.
- Rollinde, E., & Maisch, C. (2023). Les orbites planétaires sont-elles circulaires ? *Grand N, Revue de mathématiques, de sciences et technologie pour les maîtres de l'enseignement primaire*, 111, 5-39.

- Salimpour, S., Bartlett, S., Fitzgerald, M.T. et al. (2021). The Gateway Science: a Review of Astronomy in the OECD School Curricula, Including China and South Africa. *Res SciEduc*, 51, 975–996.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project: An overview and key findings. Oslo: University of Oslo, 1-31.
- Venturini, P., Calmettes, B., Amade-Escot, C., Terrisse, A. (2007). Analyse didactique des pratiques d'enseignement de la physique d'une professeure expérimentée. *Aster*, 45, 211-234. halshs-00218120.
- Vince, J., & Tiberghien, A. (2012). Enseigner l'énergie en physique à partir de la question sociale du défi énergétique. *Review of science, mathematics and ICT education*, 6(1), 89-124. (hal-00794078).

La figure du super-héros, levier didactique ou aporie ?

Éléments d'analyse d'une action de médiation scientifique

Florence Vigneron¹, Cécile De Hosson², Muriel Guedj¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Université de Montpellier

2 : Laboratoire de Didactique André Revuz, Université de Rouen Normandie, Université de Lille, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université

Résumé

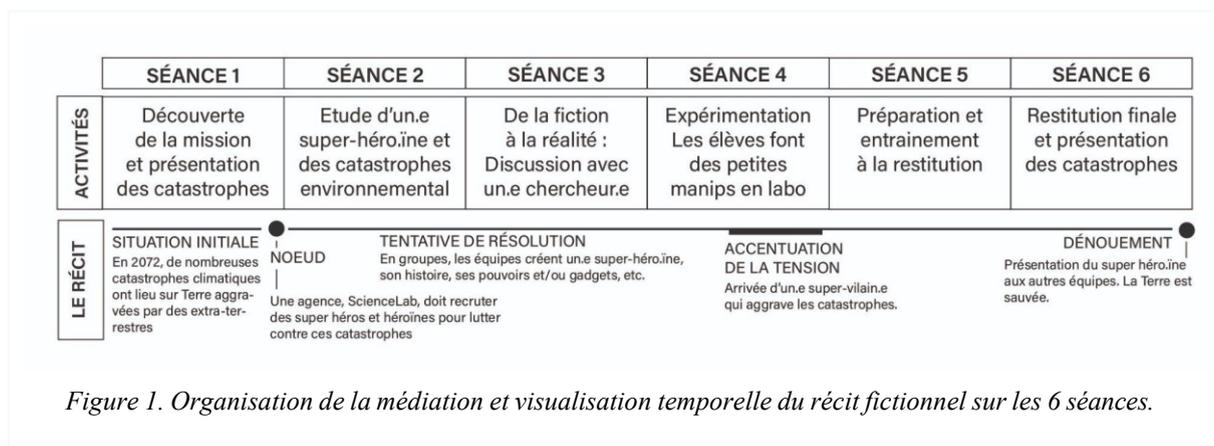
L'association Instant Science propose depuis 2018 en Occitanie des ateliers de médiation scientifique en contexte scolaire sous l'appellation "La science des super-héros". Cette initiative vise à sensibiliser les collégiens aux enjeux environnementaux en les encourageant à créer un super-héros capable de lutter contre des catastrophes écologiques. Dans cette communication, nous étudions la place des savoirs scientifiques dans cette médiation en centrant nos analyses sur les interventions de deux médiatrices tout au long du processus créatif. Le concept d'étayage, emprunté à Bruner, est utilisé pour apprécier la portée et l'efficacité des interactions entre médiatrices et élèves en terme d'articulation effective entre savoirs scientifiques et super-héros. A partir de l'analyse de deux mises en œuvre du dispositif de médiation en 2022 et 2023, nous montrons que le maintien de cette articulation est entravé par la nature même de la figure du super-héros. Celle-ci tend à favoriser, chez les élèves, l'expression d'une pensée magique où la résolution des problèmes procède de leur élimination sans appui sur la science. Le recours au super-héros place les élèves dans une forme d'aporie didactique où l'univers fantastique du super-héros (un univers où tout est possible) l'emporte sur la recherche de solutions scientifiquement fondées, et ce, malgré les efforts déployés par les médiatrices pour maintenir l'activité des élèves au plus près des savoirs scientifiques.

Mots-Clés : Médiation scientifique ; Super ; héros ; Éducation à l'environnement ; Aporie.

La figure du super-héros, levier didactique ou aporie ? Éléments d'analyse d'une action de médiation scientifique

Introduction

Depuis 2018, l'association Instant Science propose en Occitanie des animations autour de la pop culture et en particulier une action de médiation scientifique en milieu scolaire : la science des super-héros qui vise à sensibiliser des collégien·nes à des questions environnementales. L'ambition de cette action est d'accompagner les élèves dans la création d'un·e super-héro·ïne, "capable de lutter contre les catastrophes environnementales qui impactent la Terre"¹ (la figure 1 rend compte de l'organisation globale de l'action). Dans cette communication, nous présentons quelques éléments d'analyse de cette action en nous intéressant plus spécifiquement à la place que les savoirs scientifiques y occupent. Cette question est centrale pour la médiation dans la mesure où l'appropriation de la proposition culturelle (Jorro & Al Khatib) interroge également celle du "message scientifique".



Recherche en didactique et médiation scientifique

Si la recherche en didactique des sciences reste encore aujourd'hui très ancrée dans le terrain de l'École, elle a assez tôt ouvert son champ d'investigation à d'autres institutions de partage du savoir scientifique (Molinatti, 2007, Simonneaux & Jacobi, 1997, Triquet, 2007). Les questions mises au travail dans ces contextes d'éducation dite "non formelle"² rejoignent pour partie celles que posent l'éducation scientifique scolaire, lorsqu'il s'agit par exemple de caractériser la manière dont les contenus de savoirs s'articulent avec les exigences scénographiques d'une exposition muséale (Achiam & Marandino, 2014, Cohen-Azria, 2021)

¹ La description complète des ateliers est accessible au lien suivant : <https://www.instantscience.fr/actualite/la-science-des-super-heros-un-projet-scolaire-pour-combattre-les-catastrophes-environnementales/>

² D'après l'OCDE : <https://www.coe.int/fr/web/lang-migrants/formal-non-formal-and-informal-learning>

de comprendre les conditions sémiotico-narratives d'une bande dessinée (Bordenave & de Hosson, 2022), d'étudier la forme du discours de médiateurs scientifiques (Dessart, 2019), ou d'examiner comment circule et se transforme l'information scientifique dans les interactions entre le médiateur et son public (Goujon, 2016). Dans un esprit proche de celui des travaux de Goujon (2016), nous nous intéressons à la manière dont les médiatrices du dispositif "la science des super-héros" soutiennent et encouragent la prise en compte de savoirs scientifiques par des élèves ayant la charge d'inventer un super-héros capable de "résoudre" une catastrophe environnementale.

Délimitation théorique et question de recherche

Notre travail s'appuie sur la notion d'étayage qui, selon Bruner, renvoie aux "moyens mis en œuvre pour réduire les degrés de liberté dans l'exécution d'une tâche afin que l'enfant puisse se concentrer sur la compétence difficile qu'il est en train d'acquérir" (Bruner, 1978, p. 19 - notre traduction). Pour Saillot (2015), l'étayage vient remplir six fonctions principales : l'enrôlement du sujet dans la tâche, la réduction de la difficulté, le maintien de l'orientation, la signalisation des caractéristiques déterminantes, le contrôle de la frustration et la démonstration, qui concourent à rendre possible "la résolution par l'enfant de problèmes que celui-ci ne saurait accomplir tout seul" (*Ibid.*). Rapportés à l'enseignement des sciences (Marzin-Janvier, 2015), les étayages peuvent prendre plusieurs formes : ressources, expériences, questions, aides à la visualisation. Ils soutiennent le découpage et le suivi de la tâche...

... mais aussi l'analyse, la justification ou l'explicitation de la tâche. Ils peuvent être implicites et explicites. Ils concernent l'ensemble de la démarche et le fait de ne pas perdre de vue cette globalité, ou les différentes étapes de la démarche (Marzin-Janvier, 2015, p. 95).

	SÉANCE 1 (2H)	SÉANCE 2 (2H)	SÉANCE 3 (2H)	SÉANCE 4 (2H)	SÉANCE 5 (2H)	SÉANCE 6 (2H)	
COLLÈGE 1 2022	DOCUMENTS DE PRÉPARATION DES MÉDIATRICES						 QUESTIONNAIRE POUR LES MÉDIATRICES
	 ENREGISTREMENTS AUDIOS						
 TRANSCRIPTIONS							
COLLÈGE 2 2023	DOCUMENTS DE PRÉPARATION DES MÉDIATRICES						
	 ENREGISTREMENTS VIDÉOS						
	 TRANSCRIPTIONS						

Figure 2. Classification et chronologie des recueils de données sur les années 2022 et 2023

Nous nous intéressons ici aux étayages apportés par les médiatrices pour soutenir l'appropriation de savoirs scientifiques par les élèves et leur incorporation dans leur super-héros. Nous nous intéressons également à la manière dont les élèves articulent savoirs scientifiques et imaginaire du super-héros.

Méthodes de recueil et d'analyse des données

Notre travail repose sur l'analyse des données recueillies lors de deux mises en oeuvre du dispositif de médiation. Nous avons effectuées ce travail de collecte avec deux classes de deux collèges de Toulouse, en 2022 et 2023³ (figure 2). Dans les deux cas, l'action est structurée autour de différents moments au cours desquels les élèves travaillent soit en petits groupes de 4 ou 5 (séances 1, 2 et 5 - chaque groupe travaille une catastrophe environnementale spécifique), soit en classe entière (séances 3, 4 et 6). Nous avons enregistré puis retranscrit l'ensemble des échanges de ces six séances à l'aide du logiciel *Transana*. Sur ces transcriptions, nous identifions les types d'étayages proposés par les médiatrices (enrôlement dans la tâche - ET, maintien de l'orientation - MO, signalisation des caractéristiques déterminantes - SCD, contrôle de la frustration - CF) à partir de la nature de leurs interventions (questionnement, exemplification, acquiescement, contradictions, encouragements, apport d'informations nouvelles, propositions, reformulations). Lorsque ce travail de repérage est effectué sur l'ensemble de notre *corpus*, nous dénombrons les différents types d'étayages au regard de la nature des tâches proposées au élèves (ce travail est toujours en cours). Cela nous amène à constater s'il existe, ou non, une forme de stabilité dans la relation "nature des tâches \leftrightarrow type d'étayages". Nous examinons ensuite la portée de ces étayages sur la prise en compte, par les élèves, des savoirs scientifiques en jeu, selon la nature des tâches proposées. C'est cette étape que nous illustrons dans la suite de ce texte. Nous nous intéressons aux échanges entre les médiatrices et deux groupes d'élèves (groupes "tsunamis de plastique" et "effondrement des colonies d'abeilles" de 2022 et 2023) à deux moments distincts de la médiation et pour deux tâches de natures différentes : l'appropriation de la catastrophe par les élèves et le choix du super-pouvoir du super-héros.

Éléments d'analyse des données

Dans l'extrait suivant, les élèves du groupe 1 (2023) découvrent la catastrophe contre laquelle leur super-héros va devoir lutter : "les tsunamis de plastique". Par un jeu d'association d'idées, ils ont pour tâche d'écrire des mots en lien avec la catastrophe. Ils sont accompagnés dans cette tâche par la médiatrice CMM.

³ Le recueil des données s'est fait avec le consentement des élèves, de leurs enseignant.e.s et des médiatrices dans le respect de l'anonymat et en accord avec les dispositions de la RGPD.

100. TWE : On n'a pas trop compris euh [montre du doigt le papier avec la catastrophe]
[...]
109. CMM : Alors un tsunami, c'est à quel endroit déjà ? → **questionnement**
110. TWD : La mer
111. CMM : Ouais, tout à fait, donc on va pouvoir noter ça (...) → **acquiescement**
112. TWD : Venez on prend une ville genre Barcelone
113. CMM : Alors ça, ça viendra après, pour le moment on essaie de comprendre / qu'est-ce que c'est comme catastrophe ok ? Et quel impact ça peut avoir, pourquoi c'est grave ? → **contradiction puis nouveau questionnement / reformulation**

Dans cette phase de la médiation, les interventions des médiatrices visent à faire comprendre aux élèves la nature de la catastrophe. L'enchaînement de l'alternance questionnement / acquiescement relève d'étayages de type SCD et MO ("pour le moment on essaie de comprendre"), mais également de type CF ("alors ça, ça viendra après"). On retrouve des interventions de même nature lorsque le groupe 2 (2023) découvre la catastrophe "effondrement des colonies d'abeilles" :

293. CMM : Pourquoi les abeilles, elles pourraient disparaître ? → **questionnement**
294. XXE : À cause des êtres humains
295. XXE : A cause de destructions
296. CMM : Ça peut être de la déforestation tout à fait → **exemplification / apport d'information nouvelle**

Comme dans cet extrait, ce temps d'appropriation de la catastrophe est également l'occasion pour les médiatrices d'apporter aux élèves des savoirs nouveaux (étayage de type SCD). Pendant la tâche de création du super-héros, les interventions des médiatrices sont davantage propositionnelles et relèvent d'étayages de type CF :

194. CMM : Vous avez eu quoi comme idée ? → **questionnement**
195. TWD: Le ménage
196. CMM : Le ménage ? Ah pour aspirer le plastique ! → **reformulation**
206. TYD : En fait là on est bien, mais là après on sait pas quoi faire de // du plastique quand il l'a / euh absorbé
211. CMM : Est-ce que ça peut pas être / je sais pas moi, envoyé à un endroit où // à un endroit où il y a peut-être besoin de plastique → **proposition**

Résultats

Que ce soit lors de la tâche "association de mots" ou "création du super-héros", l'activité des élèves est soutenue par une présence proactive des médiatrices scientifiques qui permet le maintien de l'orientation prévue pour chacune des tâches. Cependant, leurs interventions n'ont pas la même portée du point de vue des savoirs scientifiques. En particulier, la tâche de création du super-héros déporte l'activité cognitive des élèves vers un schéma de résolution par annulation de la catastrophe ou de sa cause ("aspiration" des déchets plastiques, disparition des pesticides par l'activation d'un "bouton"). Cette procédure de résolution résiste aux étayages des médiatrices visant à encourager l'incorporation d'éléments d'explication pour légitimer scientifiquement une histoire, un pouvoir ou un gadget. C'est

sans doute ce qui motive l'apparition d'interventions contre-étayantes (Bucheton et Soulé, 2009) où les médiatrices vont "faire à la place des élèves" en leur apportant des idées ("Est-ce que c'est un bouton ? Est-ce que c'est de la magie ? Est-ce / Est-ce que c'est comme un filtre ?") non pas pour qu'ils les utilisent *eodem modo* (" ah non ça c'est une idée que je propose, mais le but c'est que ce soit votre idée"), mais pour qu'ils puissent se départir de cette tendance à conférer à une instance magique un pouvoir d'élimination sans autre explication. Cela dit, force est de constater que ces interventions ne trouvent que peu d'écho chez les élèves qui s'en tiennent *in fine* à leur schéma de résolution initial, schéma qui finit par être validé par les médiatrices. Finalement, et du point de vue des savoirs scientifiques, les interventions des médiatrices sont beaucoup plus étayantes pendant la phase d'appropriation de la catastrophe que pendant la phase de création du super-héros.

Interprétation

Le résultat de cette étude peut s'expliquer par la nature du support engagé dans l'action de médiation. La figure du super-héros autorise *per se* l'expression d'une pensée magique par laquelle la résolution d'un problème revient à supprimer purement et simplement le problème lui-même. La création du super-héros offre peu (voire pas) de possibilités de résolution fondées sur autre chose que son super-pouvoir (ou son super-gadget) ce qui, d'un point de vue didactique, constitue finalement une forme d'aporie. Et les interventions des médiatrices se révèlent insuffisamment étayantes pour permettre aux élèves de mobiliser les savoirs travaillés lors de la phase d'appropriation de la catastrophe (ou lors de la phase d'échange avec les experts scientifiques - voir figure 1). De fait, les élèves doivent faire face à deux contraintes un peu contradictoires : l'une, engageant des humains "ordinaires" confrontés à des catastrophes environnementales et disposant d'un répertoire limité de possibles engageant des actions préventives sur un temps long ; l'autre, des héros extraordinaires ayant par essence la capacité à supprimer la catastrophe de manière immédiate.

Limites de l'étude

Compte-tenu de l'avancée de ce travail, nous nous sommes limitées ici à une analyse ponctuelle. Le résultat provisoire présenté ci-dessus reste à confirmer par confrontation avec ce qui se produit dans l'ensemble des groupes et pour l'ensemble des catastrophes. Reste également à identifier quels étayages favorisent la prise en charge du savoir scientifique par les élèves selon les types de tâches qui leur sont proposées. Ceci devrait nous permettre de dégager quelques pistes de réflexion à partager avec les professionnel.le.s de la médiation scientifique.

Bibliographie

- Achiam, M., & Marandino, M. (2014). A framework for understanding the conditions of science representation and dissemination in museums. *Museum Management and Curatorship*, 29 (1), 66-82. <https://doi.org/10.1080/09647775.2013.869855>
- Allard, M. (1999). Le partenariat école-musée : Quelques pistes de réflexions. *ASTER*, 29, 27-40. <https://doi.org/10.4267/2042/8727>
- Bordenave, L., de Hosson, C. (2022). Les savoirs de sciences au risque de la bande-dessinée, in. C. Houdement, C. de Hosson, C. Hache (eds), *Approches sémiotiques en didactique des sciences*, 93-137. Londres: ISTE éditions. <https://doi.org/10.4000/trema.4895>
- Bruner, J. S. (1978). The role of Dialogue in Language Acquisition. In A. Sinclair, R.J. Jarvelle, & W. J. M. Levelt (Eds.), *The Child's Concept of Languages*. Springer-Verlag.
- Chaumier, S., & Mairesse, F. (2013). *La médiation culturelle*. A. Colin.
- Cohen-Azria, C. (2021). Circulation des contenus scientifiques et visite scolaire au musée : entre mises en exposition et mises en mots. *Recherches en didactique*, 31, 13-45. <https://doi.org/10.3917/rdid1.031.0013>
- Dessart, F. (2019). *Récit et médiation scientifique "sur le terrain" en géologie : une approche épistémologique et didactique de la mise en récit dans les situations de médiation de la géologie in situ*. [thèse de doctorat]. Université Claude Bernard Lyon.
- de Hosson, C., Bordenave, L., Daures, P. L., Decamp, N., Hache, C., Horoks, J., & Kermen, I. (2019). Quand l'élève devient auteur : analyse didactique d'ateliers BD-sciences. *Tréma*, 51, 114-140. <https://doi.org/10.4000/trema.4895>
- Goujon, C. (2016). Devenir du savoir source dans la médiation scientifique. Un modèle de la circulation des eaux souterraines à la Fête de la science. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 13, 71-101. <https://doi.org/10.4000/rdst.1321>
- Jorro, A., & Al Khatib, J. (Éds.). (2018). *Les gestes professionnels comme arts de faire : Éducation, formation, médiation culturelle*. Presses Universitaires du Septentrion.
- Marzin-Janvier, P. (2015). Étayer la conception expérimentale par des environnements informatiques : études en génétique. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 12, 87-112. <https://doi.org/10.4000/rdst.1135>
- Molinatti G., Girault Y. (2007). La médiation muséale des neurosciences : quatre expositions récentes sur le cerveau. *Culture & Musées*, 10, 97-123. <https://doi.org/10.3406/pumus.2007.1442>
- Saillot, E. (2015). Analyse des pratiques d'étayage de professeurs des écoles en situation d'aide personnalisée : contribution à la modélisation d'une posture professionnelle. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 34, 121-137. <https://doi.org/10.4000/dse.1209>
- Simonneaux, L., & Jacobi, D. (1997). Language constraints in producing prefiguration posters for a scientific exhibition. *Public Understanding of Science*, 6, 383-408. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/6/4/005>
- Triquet, É. (2007). Élaboration d'un récit de fiction et questionnement scientifique au musée. *Aster*, 44 (1), 107-133. <https://doi.org/10.4267/2042/8782>

Représentations sociales du changement climatique et images du futur des élèves de primaire du Sud Togo

Akouete Serge Yemey¹, Kossi Lodonou², Nicolas Herve¹

1 : UMR EFTS, Université de Toulouse Jean-Jaurès

2 : École Normale Supérieure d'Atakpamé (Togo)

Résumé

Le changement climatique affecte les régions côtières du Togo notamment par l'érosion côtière. Pour répondre à cette menace, l'éducation aux risques est un levier pour que les populations s'adaptent aux mutations en cours. Dans les écoles du Sud Togo, une étude exploratoire par questionnaire a été menée pour cerner les représentations sociales qu'ont les élèves de primaire (n=94) du changement climatique, de ses effets sur leur territoire, des moyens d'action possibles, ainsi que les images du futur qu'ils se forment de leur territoire. Les résultats montrent que les élèves sont conscients du changement climatique au Togo, qu'ils en perçoivent les effets sur leur territoire, mais qu'ils ont une faible connaissance des mécanismes en jeu et des manières d'y faire face. Aussi, ils développent des images catastrophistes du futur de leur territoire. Ces résultats nous permettent d'envisager des modalités pédagogiques à mettre en place dans ces écoles et d'en définir les caractéristiques.

Mots-Clés : Représentations sociales ; Images du futur ; Changement climatique ; Éducation aux risques ; Territoire de vie.

Représentations sociales du changement climatique et images du futur des élèves de primaire du Sud Togo

L'érosion côtière du Sud Togo, un effet du changement climatique

Le Togo fait partie des six pays côtiers d'Afrique de l'Ouest dont les littoraux sont frappés de plein fouet par les changements climatiques, avec pour effet le plus visible, l'érosion côtière (Antea Belgium, 2017). L'érosion est en effet l'un des grands problèmes environnementaux auxquels sont confrontées les régions côtières. La côte togolaise est rongée par l'océan Atlantique, dont l'avancée détruit des routes, des habitations, des écoles, des récoltes, et prive des dizaines de milliers de Togolais d'habitations, de ressources et d'emplois. Cette érosion côtière est renforcée également par l'anthropisation (Rossi, 1989). Les études menées par Adjoussi (2016, cité par Antea Belgium, 2017, p. 31) livrent le cas d'une école primaire menacée à Agbodrafo. Cela montre que, si le changement climatique affecte de plus en plus de personnes dans le monde, il perturbe également le processus d'apprentissage des élèves, une étape cruciale dans le développement humain. Or, dans les pays en voie de développement y compris le Togo, nombreux sont les élèves, « acteurs spatiaux », qui n'ont pas conscience du changement climatique, ne le comprennent pas et ne sont pas en mesure de discuter ou s'engager dans actions visant l'atténuation ou l'adaptation, car les *curricula* de formation ne traitent pas de cette problématique en lien direct avec les changements dans les territoires (République togolaise, 2020, p. 145).

Le territoire de vie comme objet d'une éducation aux risques climatiques

L'éducation est reconnue comme un levier important pour préparer les individus et les sociétés à réagir de manière adéquate aux catastrophes, à réduire la vulnérabilité des populations et à renforcer leur capacité d'adaptation face aux défis qu'impose le changement climatique. Des individus et des sociétés éduquées subissent moins d'effets négatifs et se rétablissent plus vite après un événement climatique extrême (Muttarak & Lutz, 2014). Julien et al. (2020) appellent « éducation aux risques », « une éducation qui ferait prendre conscience aux élèves, qu'en tant que futurs acteurs de la société, ils font partie de la solution et peuvent changer leurs propres comportements ou plaider en faveur d'un changement sociétal » (p. 4). L'ancrage territorial de la démarche pédagogique est considéré comme une dimension importante de cette éducation, l'enseignement doit permettre aux élèves d'être reliés à leur territoire, d'en percevoir les risques par le vécu ou la culture de la communauté dans laquelle ils vivent.

L'éducation aux risques doit également permettre à l'élève d'avoir une action de sensibilisation et d'engagement auprès de son environnement social proche, et de devenir un « vecteur social de sa communauté » (p. 5).

Dans le cadre scolaire, la notion de « territoire de vie » (Moine, 2006, p. 118) est toutefois polysémique dans l'enseignement au Togo. Cette notion jongle entre plusieurs termes tels que « milieu de vie », « milieu immédiat » (République togolaise, 1998), et elle est peu prise en compte du point de vue de l'expérience scolaire des élèves. En effet, les sorties de terrain, appelées aussi sorties pédagogiques, et l'exploitation socioculturelle du milieu immédiat de

l'élève sont rares dans l'enseignement (*ibid.*), qui est majoritairement cantonné dans les murs de l'école. Ce qui peut conduire les élèves à considérer que les savoirs enseignés ont peu à voir avec leur vécu quotidien et à occulter les savoirs d'expérience qu'ils construisent sur et dans leur territoire de vie. Le territoire de vie est utilisé ici dans l'acception « milieu immédiat » des élèves, milieu qui est confronté à l'érosion côtière, un effet du changement climatique. C'est le cas de la localité d'Agbodrafo, une localité du Sud Togo qui fait l'objet de cette étude. Le choix de la localité s'explique par le fait qu'elle est très fortement marquée par l'érosion côtière, lié plus à l'action anthropique mais pas toujours lisible pour les habitants. C'est un site qui focalise l'implantation de l'homme et ses activités bien qu'il soit classé institutionnellement parmi les « zones à risques » (Antea Belgium, 2017, p. 30). Il abrite des unités industrielles, des activités économiques et portuaires, des vestiges archéologiques, des villages de pêche. Ces activités ont reconfiguré le paysage de la localité et l'exposent aux risques. Les risques font ainsi partie intégrante du quotidien de la population togolaise, mais aussi de son futur. Vu sous cet angle, il devient important de porter un regard réflexif, critique sur les dispositifs pédagogiques mis en place et de considérer les possibilités d'intégrer aux *curricula* des dispositifs d'éducation aux risques. Il peut interroger la trajectoire des modes de vie passés, actuels et futurs des citoyens togolais. Dans ce sens, il est intéressant pour l'enseignement / apprentissage des territoires de vie dans une approche de problématisation du futur (Hervé, 2022).

Quelles représentations sociales ont les élèves d'écoles du Sud Togo du changement climatique et de ses effets sur leur territoire de vie ?

N'étant pas un objet déconnecté du réel, « le territoire dans sa nature symbolique ou idéale, est en relation avec les systèmes de représentation qui guident les sociétés dans l'appréhension qu'elles ont de leur environnement » (Moine, 2006, p. 118). Les représentations sociales correspondent au sens commun, à ce que les gens pensent connaître et sont persuadés de savoir à propos d'objets et de situations donnés. Dans le cas présent, il s'agit de ce que les élèves pensent connaître et sont persuadés de savoir à propos du changement climatique, ses causes et impacts dans leur territoire de vie. En éducation, ces représentations sont utilisées à des fins didactiques. Leur analyse permet d'élaborer des stratégies d'intervention plus appropriées aux enjeux éducatifs (Barthes & Alpe, 2016), par exemple les enjeux du futur de nos milieux de vie. D'un côté, l'analyse met à nu, ce que les élèves pensent connaître et de l'autre côté, elle révèle ce qui se cache derrière ces connaissances. Ainsi, l'accès aux représentations sociales des élèves à propos du changement climatique et ses effets dans leur territoire de vie peut permettre de mettre en place des projets d'éducation aux risques, qui en retour peuvent éventuellement conduire à une complexification de leurs représentations sociales afin qu'elles soient plus adaptées aux enjeux, à une prise de conscience globale, holistique des risques encourus en vivant dans un milieu affecté.

Notre communication s'attachera à présenter les représentations sociales des élèves sur le changement climatique, ainsi que ses effets sur leur territoire de vie. Elle montrera comment le fait de questionner les représentations sociales des impacts du changement climatique sur un territoire en pleine mutation par les élèves, peut être : une ouverture vers l'apprentissage des territoires de vie (1) et un moyen de les impliquer et les accompagner dans l'action climatique face aux risques engendrés par l'érosion côtière (2).

Méthodologie

Pour appréhender les représentations sociales des élèves sur le changement climatique sur ce territoire en pleine mutation, un questionnaire individuel a été adressé à des élèves (n=94) de deux écoles du Sud Togo (École Primaire Public (EPP) Agbodrafo B : n= 40 ; école privée catholique Saint-Joseph d'Agbodrafo : n=54). Les élèves sont en classes de CM1 et CM2 ; ils sont âgés de 9 à 15 ans.

Le questionnaire comporte trois informations à renseigner : l'identification de l'élève, ses caractéristiques sociodémographiques et des questions thématiques sur :

- Les connaissances des causes et conséquences du changement climatique au Togo (pour recueillir les connaissances générales des élèves sur le changement climatique) ;
- Le vécu expérientiel (pour apprécier les pratiques et expériences des élèves sur le changement climatique) ;
- Le souhait des élèves en lien avec le territoire sous la forme d'une image du futur (pour appréhender leur vision du futur et leur capacité à prendre des décisions éclairées et responsables concernant les actions à mener).

Les questions sont en majorité des questions ouvertes (voir image 1) afin que l'enquête réponde en utilisant ses propres formulations. Après une analyse de contenu, les réponses ont été catégorisées.

Q1- Le Togo est-il affecté par le changement climatique ? 1= Pas du tout <input type="checkbox"/> 2= Un peu <input type="checkbox"/> 3= Beaucoup <input type="checkbox"/>
Q2- Donne les causes du changement climatique au Togo ?
Q3- Donne un exemple qui montre que le Togo est affecté par le changement climatique ?
Q4- Donne un endroit au Togo qui est affecté par le changement climatique ?
Q5- Est-ce que l'endroit où tu habites est affecté par le changement climatique ? 1= Pas du tout <input type="checkbox"/> 2= Un peu <input type="checkbox"/> 3= Beaucoup <input type="checkbox"/>
Q5A- Si ton choix porte sur 2 ou 3, décris en quoi l'endroit où tu habites a changé par rapport au passé à cause du changement climatique ?
Q6- Est-ce que tu as visité l'endroit donné au Q4 ? 1= oui <input type="checkbox"/> 2= Non <input type="checkbox"/>
Q6A- Si oui, combien de fois ?
Q6B- Est-ce que c'est au cours d'une : 1= Sortie de classe avec tes camarades et ton maître <input type="checkbox"/> 2= Sortie avec un proche (parent/ami) <input type="checkbox"/>
Q6C- Qu'est-ce que tu as appris lors de cette sortie ?
Q6D- En quoi l'endroit que tu as visité a changé par rapport au passé à cause du changement climatique ?
Q6E- Qu'est-ce qui t'a le plus marqué dans cet endroit ?
Q6F- Si non, par quels moyens l'as-tu appris ? Tu peux cocher plusieurs cases. 1= En classe avec le maître <input type="checkbox"/> 2= Médias <input type="checkbox"/> 3 = Discussion avec un proche (parent/ami/camarade de classe) <input type="checkbox"/>
Q7- Décris cet endroit dans une dizaine d'année ?
Q8- Quel est ton souhait pour cet endroit ?
Q9- Qu'est-ce que tu peux faire pour que le souhait se réalise ?

Image 1 : Questionnaire administré aux élèves

Résultats

Les élèves de la localité d'Agbodrafo sont tous conscients que le changement climatique affecte le Togo et arrivent à nommer des effets sur leur localité et celle de Kpémé, située à six kilomètres. Un élève sur les 94 a aussi évoqué la localité d'Aného, située à quinze kilomètres à l'est d'Agbodrafo. Ils considèrent également que le pays est très affecté (niveau maximum sur l'échelle de Lickert). Cependant, ils ont des difficultés à évoquer les

causes de ce changement et expriment des connaissances erronées. Ils confondent les causes et les conséquences, ainsi que les solutions qui pourraient être apportées. Pour une minorité (3 sur 94), c'est l'harmattan, une période saisonnière du Togo qui en est la cause. Pour la majorité (91 élèves), c'est la mer (« c'est la mer qui mange les maisons » ; (« la mer prend de l'espace »). Or, ces phénomènes sont des conséquences de l'érosion côtière, elle-même conséquence du changement climatique. L'anthropisation n'est pas évoquée comme l'une des causes importantes de l'accélération du changement climatique. Ceci révèle que les représentations des élèves diffèrent des connaissances scientifiques sur les causes et effets du changement climatique. Les élèves déclarent que la découverte de lieux affectés par le changement climatique s'est faite soit en classe avec un enseignant, soit *via* les médias ou lors d'une sortie avec un proche (ami / parent), mais pas lors d'une sortie pédagogique sur le territoire. Ils ont du mal à évoquer ce qu'ils ont appris à propos des conséquences du changement climatique sur leur territoire. Ils n'arrivent pas à citer les indicateurs telles que la présence des signes d'érosion, la présence des ouvrages de protection sur la côte, même si certains citent la dégradation des habitats/infrastructures. Pour tous, si rien n'est fait dans une dizaine d'années concernant le changement climatique, la localité d'Agbodrafo n'existera plus (« mon village n'existera plus »). Ils envisagent la dégradation des habitats/infrastructures, des activités mais peu la migration et la perte de vies humaines (« les gens vont déménager » ; « les gens vont se déplacer pour aller dans un village » ; « la destruction des maisons, écoles, des routes » ; « les écoles seront dans la mer » ; « la perte des biens » ; « la perte de vies humaines »). Dans cette image du futur sombre, la majorité des élèves déclarent leur attachement à leur école qu'ils associent à la possibilité de poursuivre leur scolarité (« je veux qu'on arrête la mer », « mon école doit vivre », « je veux aller à l'école », « Agbodrafo ne doit pas disparaître »). Ces réponses des élèves véhiculent la possibilité de perdre ce à quoi ils accordent de l'importance. Pour autant, tous formulent des propositions à la forme impersonnelle sur les actions à mener. Pour deux élèves, « il faut » la construction d'un mur pour arrêter l'avancée de la mer ; pour un autre, « il faut » éviter de prendre ou ramasser du sable dans la mer pour la vente, « il faut » créer une coopérative et cotiser pour aider les habitants affectés ; pour la majorité (91 élèves), « il faut » sensibiliser la population (le terme employé par les élèves est « parler de ça » à la population). L'emploi majoritaire de « il faut », plutôt que « je » ou « nous », nous laisse supposer l'importance de paroles moralisantes apprises au lieu d'une réelle prise de conscience individuelle et d'un choix engagé éclairé.

Conclusion

Les résultats montrent une faible connaissance des mécanismes en jeu ainsi que des manières d'y faire face. Mais la majorité des élèves sont capables de citer des effets sur leur territoire. Cela renforce la nécessité de concevoir des dispositifs d'éducation aux risques climatiques dans les écoles affectées par l'érosion côtière. Il y a donc un enjeu à relier davantage les élèves à leur territoire de vie et à les ancrer dans leur communauté. Le modèle de démarche d'enquête prospective Tem Ter i3 (Temporalités et territoires ; innovation, investigation, imagination) développé par Vergnolle Mainar et al. (2016) peut constituer un moyen pour les élèves de construire des raisonnements sur le changement climatique à partir de leur territoire de vie, en les mettant en posture

d'enquêteurs ou cochercheurs, en classe et en dehors de la classe, dans une approche participative expérientielle. C'est la principale perspective que nous donnons à ce travail préliminaire.

Bibliographie

- Antea Belgium (2017). *West Africa Coastal Areas Management Program (WACA). Plan d'actions pour le développement et l'adaptation aux changements climatiques du littoral togolais. Rapport final.* Banque mondiale. <https://documents1.worldbank.org/curated/pt/158851512725647857/pdf/121955-WP-FRENCH-P162337-TOGO-PUBLIC.pdf>
- Barthes A., Alpe Y. (2016). *Utiliser les représentations sociales en éducation.* L'Harmattan.
- Hervé, N. (2022). *Penser le futur. Un enjeu d'éducation pour faire face à l'Anthropocène.* Le bord de l'eau.
- Julien, M.-P., Bédouret D., Chalmeau R., Vergnolle Mainar C., Léna J.-Y., Calvet A. (2020). Éduquer aux risques dès l'école primaire : de la représentation à la conscientisation. *Vertigo*, 20(3). <https://doi.org/10.4000/vertigo.28806>
- Moine, A. (2006). Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. *L'Espace géographique*, 35, 115-132. <https://doi.org/10.3917/eg.352.0115>
- Muttarak, R. & Lutz, W. (2014). Is Education a Key to Reducing Vulnerability to Natural Disasters and Hence Unavoidable Climate Change?. *Ecology and Society*, 19(1). <https://www.ecologyandsociety.org/vol19/iss1/art42>
- République togolaise (1998). *Programmes de l'enseignement du premier degré au Togo.* Lomé [2^e éd.].
- République togolaise (2020). *Plan sectoriel de l'éducation 2020-2030.* Lomé.
- Rossi, G. (1989). L'érosion du littoral dans le golfe du Bénin : un exemple de perturbation d'un équilibre morphodynamique. *Zeitschrift für Geomorphologie : Supplementbände*, 73, 139-165.
- Vergnolle Mainar, C., Julien, M.-P., Chalmeau, R., Calvet A. et Léna, J.-Y. (2016). Recherches collaboratives en éducation à l'environnement et au développement durable. L'enjeu de la modélisation de l'ingénierie éducative pour une transférabilité d'un territoire à un autre. *Éducation relative à l'environnement*, 13(1). <https://journals.openedition.org/ere/333>

Fonctions des expériences dans la construction des savoirs scientifiques, cas de séparation des constituants d'un mélange homogène au cycle 3 de l'école élémentaire

Aicha Barroudi¹

1 : Centre Interuniversitaire de Recherche en Éducation de Lille (CIREL), Université de Lille

Résumé

La volonté de rénovation de l'enseignement des sciences à l'école devient de plus en plus affirmée dans le but de permettre à l'élève de mieux s'approprier des savoirs scientifiques et de lui permettre d'acquérir une attitude scientifique. L'enseignement des sciences s'est basé sur des nouvelles méthodes et notamment sur l'investigation comme une approche pédagogique innovante qui a été promue via le plan de rénovation de l'enseignement des sciences à l'école (2000). Dans les programmes de sciences, l'expérimentation, si elle est possible, occupe une place importante, avec l'idée que les pratiques expérimentales permettent de motiver les élèves. Notre étude de cas, porte sur une séquence où sont mobilisées des expériences (Classe CM1), consacrée à l'étude du problème de comment séparer les constituants d'un mélange homogène. Elle vise l'analyse des fonctions des expériences dans le but de voir à quels types de savoirs elles conduisent et dans quels types de démarches elles s'inscrivent.

Mots-Clés : Problème ; Problématisation ; Réfutation ; Expérimentation ; Construction de savoirs.

Fonctions des expériences dans la construction des savoirs scientifiques

Cas de séparation des constituants d'un mélange homogène au cycle 3 de l'école élémentaire

Introduction

Les instructions officielles actuelles valorisent la démarche d'investigation comme une démarche pédagogique innovante qui veut rendre l'élève acteur de son apprentissage « *L'approche pédagogique qu'il [PRESTE¹] induit est fondée sur le questionnement et sur l'investigation, constitutifs des disciplines scientifiques. Les élèves s'interrogent, agissent de manière raisonnée et communiquent. Les élèves construisent leurs apprentissages en étant acteurs des activités scientifiques* ». ² Dans l'esprit de cette démarche, il y a une certaine importance accordée aux expériences. Avec l'idée que les activités expérimentales donnent une marge d'action aux élèves et permettent de les motiver et les rendre plus actifs dans leur apprentissage. Dans notre étude, qui s'inscrit dans le cadre de la préparation d'une thèse de doctorat, nous nous intéressons à une séquence portant sur comment séparer les constituants d'un mélange homogène. Notre objectif est de mettre l'accent sur les pratiques de l'enseignante pour voir comment elle exploite les pratiques expérimentales mises en place dans la construction des savoirs scientifiques des élèves.

Cadre théorique et questions de recherche

Dans le cadre scolaire, les enseignants survalorisent les investigations empiriques et considèrent l'observation et l'expérimentation comme condition cruciale d'accès aux savoirs scientifiques (Coquidé, 1998 ; Coquidé et Flageul (1999) ; Galiana (1999) ; Johsua (1989) ; Darley (1994) ; Orlandi (1991)). Ces recherches ont montré que l'approche empiriste et inductiviste domine la pratique enseignante dans les classes.

Pour notre étude de cas, nous nous situons dans un cadre rationaliste de l'activité scientifique (Bachelard, 1938 ; Canguilhem, 1977/1981). Etant des savoirs problématisés, les savoirs scientifiques se caractérisent par la construction des raisons. C'est ce point qui marque la rupture essentielle que pointe Bachelard (1938) entre opinion et science. Dans cette optique, la construction des problèmes exige de ne plus considérer les savoirs scientifiques comme des énoncés factuelles ou comme des simples résultats de la science, transposés en classes.

Ainsi, dans le cadre d'apprentissage par problématisation (Fabre & Orange, 1997), le travail du problème scientifique conduit à la construction d'un savoir scientifique tenu par des raisons. Ce savoir est qualifié d'apodictique, par opposition à un savoir assertorique limité aux solutions. Selon cette logique :

¹ Le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.

² M.E.N. Bulletin officiel n°23 du 15 juin 2000.

L'expérience n'a pas uniquement pour fonction de sélectionner négativement les hypothèses et les modèles, comme le voudrait une vision purement réfutationniste : elle informe et nourrit les idées lors de la construction des problèmes » (Orange et al, 1999, p.109).

Ainsi, quand elle est possible, l'expérimentation « *n'est scientifique que si elle entre dans un projet explicatif et critique.* » (Orange, 2002, p. 2).

Le statut et la fonction des expériences au sein de la démarche scientifique dépend de l'approche que l'on a du savoir scientifique et de sa construction. Nous distinguons une autre logique, celle de la réfutation (Popper, 1985). Ce dernier a introduit le critère de la réfutabilité pour juger de la validité d'une théorie scientifique « *il nous faut considérer toutes les lois ou théories comme hypothétiques ou conjecturales, c'est-à-dire comme des suppositions* » (Popper, 1979, p. 50). Une théorie ne peut pas émettre des assertions définitives sur le monde, elle n'existe que comme hypothèse. Cette dernière est éliminée s'il existe des tests ou résultats expérimentaux qui la falsifieraient. Selon cette logique, le travail d'un problème scientifique consiste en la recherche d'une ou de solutions dont la solidité tient au fait qu'elle(s) a(ont) résisté à des mises à l'épreuve empiriques, qui peuvent passer par des expériences. Ces solutions tiennent tant qu'elles n'ont pas été réfutées.

Dans notre étude de cas, dans une démarche déclarée fondée sur une investigation expérimentale où la classe travaille sur le problème de « comment récupérer le sel de l'eau salée ? », nous mettons l'accent sur les pratiques de l'enseignante. Notre objectif est de caractériser le rapport à l'expérimentation qu'entretient l'enseignante lorsqu'elle fait construire des savoirs scientifiques aux élèves. Nous essayons de comprendre son approche de la démarche scientifique et des expérimentations : quel sens et quelle fonction donne-t-elle aux expériences ? pour la construction de quels types de savoirs ?

Méthodologie

Dans l'espace de cette communication nous observons une séquence ordinaire portant sur le problème de « comment récupérer le sel de l'eau salée ? ». Cette séquence, qui constitue notre corpus d'étude, se déroule dans une classe de CM1 de 20 élèves (9 à 10 ans) et est conduite par une enseignante expérimentée et sous sa responsabilité complète (le chercheur observe ce qui se déroule en classe sans intervenir dans les choix de l'enseignante). Nous disposons des enregistrements audios de l'ensemble des séances, de leur transcription, du texte du savoir construit à la fin de la séquence, et des photos du tableau.

Nous rappelons que dans notre étude de cas, nous considérons que le statut des expériences dépend de la logique que l'on adopte de la construction des savoirs scientifiques, à savoir une logique de problématisation ou une logique de réfutation. Selon ce positionnement, dans l'analyse de notre corpus, nous donnons de l'importance aux échanges entre l'enseignante et les élèves, et nous portons plus particulièrement attention aux moments d'interprétation et d'exploitation des résultats des expériences. Nous essayons de caractériser la place accordée à l'expérimentation dans le travail des

solutions. Autrement dit, nous essayons de voir dans les échanges si les moments d'exploitation des résultats des expériences ont été investis seulement dans la validation de la solution du problème (logique de réfutation) ou dans la construction des explications et des raisonnements conduisant à celle-ci (logique de problématisation). Ce qui nous permet de distinguer l'une de l'autre est la manière dont l'enseignante gère les interactions : donne-t-elle une place à l'expression et à la discussion des idées des élèves pour faire construire les raisons de la solution (construction d'un savoir apodictique), ou clôt-elle rapidement la discussion pour aller vers la validation de la solution (construction d'un savoir assertorique) ?

L'étude des mélanges au cycle 3 de l'école élémentaire

Au cycle 3 de l'école élémentaire (programmes de 2016), l'étude de la thématique des mélanges est limitée aux mélanges des substances solides ou liquides avec de l'eau. Pour les mélanges « solides / eau », objet de notre étude, le but est de montrer que les substances solides ne se comportent pas de la même façon lorsqu'elles sont mélangées à l'eau. Des solides peuvent se dissoudre dans l'eau (solubles), d'autres non (non solubles). Dans la solution (eau salée), la substance solide (sel) est présente à l'état de particules microscopiques invisibles. La récupération du solide (sel) de l'eau s'est basée sur d'une transformation physique de la matière (de l'état liquide à l'état gazeux). Grâce au processus de l'évaporation, le solvant peut s'évaporer sous l'effet de la chaleur et on récupère le solide.

Résultats obtenus

Après que la classe s'est intéressée à la distinction entre les solides solubles et insolubles dans l'eau, l'enseignante a exploité l'un des mélanges effectués en classe (eau + sel) pour interroger les élèves sur comment peut-on récupérer le sel dissous dans l'eau. L'objectif qu'elle fixe à la classe est de proposer des expériences permettant d'y répondre. Pour repérer le rôle et la fonction qu'elle accorde aux expériences, nous cherchons dans la démarche adoptée, en quoi l'exploitation des résultats de ces expériences contribuent à la construction des savoirs scientifiques des élèves.

Par groupes, les élèves doivent réfléchir, proposent et mettent en place une expérience faisable en classe permettant de récupérer le sel de l'eau. Deux directions sont alors envisagées :

1. La filtration avec différents outils (filtre à café, tissu, passoire, tamis).
2. Mettre la chaleur en dessous du pot de d'eau salée.

Dans un premier temps, l'idée de la chaleur est mise à l'écart par l'enseignante qui insiste sur la filtration comme première investigation expérimentale.

L'interprétation des résultats des expériences de filtration

Les différents groupes s'accordent sur le résultat suivant : la filtration n'a pas permis de récupérer le sel (figure 1). L'enseignante a exploité les résultats des expériences de filtration (tableau 1) non seulement pour infirmer l'hypothèse du départ mais pour

relancer un nouveau questionnement et nourrir d'autres propositions d'expériences. Voici un extrait des échanges :

27	Prof	Donc on peut dire que la filtration n'a pas permis de récupérer le sel qui était dans l'eau. Donc comment on peut récupérer le sel de l'eau autrement que faire la filtration . Marlène.
28	Marlène	On avait dit que la chaleur va chauffer l'eau et puis on récupère le sel.
29	Prof	D'accord, est ce que dans la nature on fait chauffer l'eau pour récupérer le sel ? Comment on peut trouver un moyen naturel sans utiliser une plaque chauffante, une solution qu'on pourrait l'expérimenter. Utiliser une plaque chauffante c'est dangereux.
30	Marius	Avec le vent.
31	Prof	Oui là c'était le vent et le soleil qui permettaient de récupérer le sel de l'eau. Alors qu'est-ce qu'on pouvait faire nous dans la classe qui est faisable dans l'école on va dire avec le matériel qu'on a. Oui, Marius.
32	Marius	On peut faire un truc, mettre le sel dans différents bassins et l'exposer au soleil et le vent.
33	Prof	Oui mais nous qu'est-ce qu'on pourrait faire ?
34	Marius	On peut déjà mettre l'eau salée du coup dans un pot et on le laisse au soleil.
35	Prof	D'accord ben on peut faire ça, on le met au soleil et puis régulièrement on voit comment ça se passe et faire des observations régulières par exemple une fois par jour voir comment ça agit, déjà de ce mardi à mardi prochain on peut voir ce qui s'est passer.

Filtration avec filtre à café	Filtration avec tissu	Filtration avec tamis
		

Tableau 1 : Photos d'expériences de filtration (filtres à café, passoire, tissu)

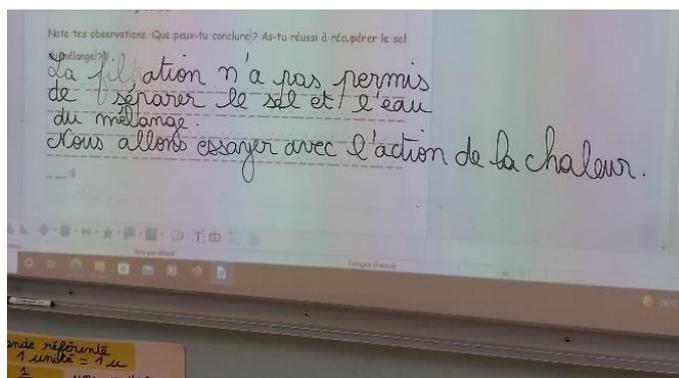


Figure 1 : Conclusion des résultats des expériences de filtration

Interprétation du résultat de l'expérience 2

La classe revient sur la proposition de la chaleur comme procédé de séparation du sel de l'eau salée. La créativité des élèves dans l'émission d'hypothèses et dans la conception de protocoles expérimentaux est généralement présente dans les pratiques de classe observée (ça vient d'eux). La figure 2 donne à voir les hypothèses construites :

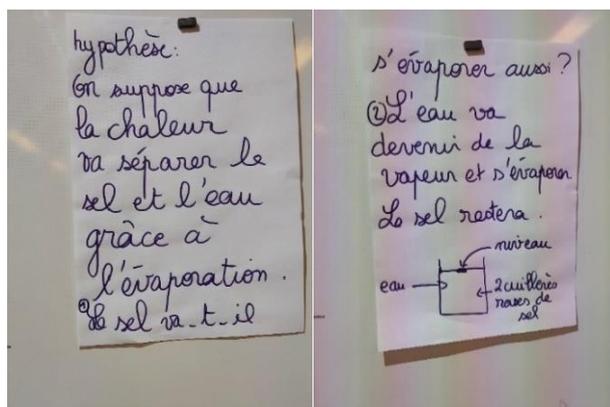
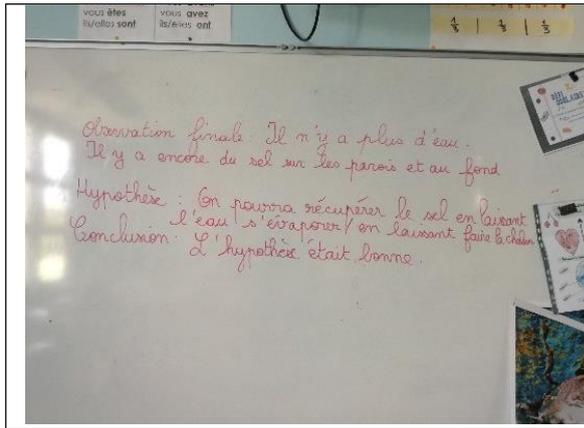


Figure 2 : Les hypothèses que la classe se propose de mettre à l'épreuve

La classe est arrivée au résultat d'expérience suivant : l'eau s'est évaporée complètement, le sel est resté sur les parois du pot (tableau 2). Après une mise en commun, l'enseignante s'efforce à mettre en lien ce résultat avec le problème de départ et les hypothèses émises. Les élèves sont arrivés finalement à valider la deuxième hypothèse, qui correspond au savoir visé par l'enseignante (tableau 3).

Pot initial	Résultat obtenu après cinq semaines d'évaporation		
			

Tableau 2 : Description et résultat de l'expérience d'évaporation



Observation finale : Il n'y'a plus d'eau.

Il y'a encore du sel sur les parois et au fond.

Hypothèse : On pourra récupérer le sel en laissant l'eau s'évaporer, en laissant faire la chaleur.

Conclusion : l'hypothèse est bonne.

Tableau 3 : Synthèse d'étude de problème

Nous pouvons dire que l'expérience d'évaporation a été exploitée prioritairement par l'enseignante dans la mise à l'épreuve des hypothèses. Nous nous interrogeons dans les échanges sur l'explication du phénomène de l'« évaporation », qui a été négligée. L'étude de ce phénomène à ce niveau d'enseignement présente des difficultés au niveau du registre empirique et du registre des modèles (Martinand, 2000). En effet, sur le plan empirique, l'évaporation est difficilement reproductible en classe. Laisser le pot de l'eau salée en exposition au soleil ne permet pas aux élèves d'observer ce phénomène. Sur le plan du modèle, l'explication de l'évaporation fait intervenir des concepts difficilement accessibles à l'école élémentaire. Ce genre de difficultés auxquelles est confrontée l'enseignante dans l'exploitation des pratiques expérimentales attachées à l'étude de ce problème explique la raison pour laquelle elle a privilégié de ne pas en discuter pour longtemps et de rester sur la validation de la bonne hypothèse comme fonction de l'expérimentation mise en place. Voici un extrait des échanges :

43	Prof	[...]Qui peut nous rappeler ce qu'on va faire pour mettre en évidence l'action de la chaleur pour séparer l'eau et le sel dans le mélange d'eau salée ?
44	Harris	Grâce à l'évaporation. ³
45	Prof	Grâce à l'évaporation, on n'a pas vu le mot. C'est quoi l'évaporation ?
46	Harris	Quand elle se transforme en nuages.
47	Prof	L'évaporation Harris dit c'est quand elle se transforme en nuages, pas exactement mais qu'est ce qui va se passer ?
48	Harris	Ben les trucs lourds vont rester au fond.
49	Prof	Les trucs lourds, quand on parle d'évaporation qu'est ce qui va se passer ?
50	Emma	L'eau elle va devenir de la fumée.
51	Prof	Elle va devenir un gaz invisible.
52	Marie	Vapeur d'eau.

³ Gras, surligné par nous.

53	Prof	Oui l'eau va se transformer grâce à la chaleur en vapeur d'eau, en gaz invisible, on parle de l'évaporation. On n'en revient pas parce que c'est difficile mais l'eau se transforme en gaz, on le voit pas.
----	------	--

Conclusion

Il apparaît que l'enseignante encourage les élèves à ne pas se limiter à la seule hypothèse et d'explorer plus de possibilités en procédant par allers-retours entre hypothèses et expériences. La réfutation d'une hypothèse ne clôt pas la démarche (les expériences de filtration), elle peut être le point de départ de nouvelles hypothèses et de nouvelles expériences (expérience d'évaporation).

Suite à des observations régulières des résultats de l'expérience, l'enseignante fait en sorte que les élèves s'efforcent d'articuler le problème de départ au résultat obtenu, et d'en faire une interprétation. Malgré les exigences temporelles de ce type d'expériences (six semaines), les expériences mises en place ont joué pleinement leur rôle dans la mise à l'épreuve les hypothèses. Par contre, les expériences ne sont pas entrées dans un projet explicatif du phénomène scientifique d'évaporation, comme il le voudrait une logique de problématisation.

Finalement nous pouvons dire que la pratique enseignante étudiée dans cette séquence ne donne pas à voir des moments propices à un travail d'exploration d'explications et de construction de raisons. En effet, l'enseignante adopte une logique empiriste de la démarche scientifique, elle est plutôt sur une logique de réfutation / validation. On peut se demander ce qu'il est possible de faire avec de jeunes élèves pour qu'ils s'approprient des savoirs scientifiques qui donnent à l'expérimentation une dimension problématisante dans la construction des savoirs.

Bibliographie

- Bachelard G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Vrin.
- Canguilhem, G. (1977/1981). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie : nouvelles études d'histoire et de philosophie des sciences*, Vrin.
- Coquidé, M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles, *Aster* n°26 P :109-132.
- Coquidé, M., Flageul, R. (1999). « Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentation et obstacles corrélatifs à sa mise en œuvre à l'école élémentaire », in *Aster*, N° 28, pp. 33-56.
- Darley, B. (1994). *L'enseignement de la démarche scientifique dans les travaux pratiques de biologie, analyses et propositions*. Thèse de doctorat. Université Grenoble 1.
- Johsua, S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *Aster*, 8, 29-54.
- Galiana, D. (1999). Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées *Aster*, 28.

- Martinand J.-L. (2000). Rapport au savoir et modélisation en sciences. In A. Chabchoub (dir.), *Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences. Actes du 5e colloque international de didactique et d'épistémologie des sciences, tome 1*, Tunis, 2000, p. 123-135.
- Orange, C., Fabre, M. (1997), Construction des problèmes et franchissements d'obstacles, *Aster*, n° 24.
- Orange et al (1999), 'Réal de terrain, réel de laboratoire' et construction de problèmes en sciences de la vie et la terre. *Aster*, vol.28, issue.28, pp.107-129, 1999.
- Orange, C. (2002) « L'expérimentation n'est pas la science », *Cahiers pédagogiques*, 409.
- Orlandi, E. (1991). Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale. Analyse de quelques cas à propos de digestion en classe de troisième. In: *Aster, recherches en didactique des sciences expérimentales*, n°13, 1991. Respirer, digérer : assimilent-ils ? pp. 111-132.
- Popper, K. (1979). *La connaissance objective*. Paris, Flammarion, coll.
- Popper, K. (1985). *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot. (Première édition 1963).

Discours de médiation et mise en récit des sciences : le cas d'un conte étiologique lors d'une sortie scolaire au parc en classe de maternelle

Cora Cohen-Azria^{1,2,3}, Alain Sénécaïl², Saskia Quarello²

1 : Département des sciences de l'éducation, Université de Lille

2 : Laboratoire Théodile-CIREL, Université de Lille

3 : Université de Lille - Faculté PSYSEF

Résumé

Dans le cadre de cette communication, nous nous intéressons aux visites de classes dans les espaces naturels, nous y étudions en particulier une sortie dans un parc avec une classe de maternelle. À travers cette étude de cas approfondie, nous explorons la manière dont ces sorties contribuent à la construction d'un rapport particulier à la nature chez des élèves de maternelle. Notre étude se concentre sur les contenus liés à la biodiversité et à la biodynamique, tout en examinant les variations de définition du « vivant » chez les jeunes élèves aux prises avec des obstacles anthropomorphiques. De façon plus large, la recherche interroge les spécificités des contenus des situations aux frontières de l'école et leur prise en compte dans une analyse didactique s'appuyant sur la multimodalité du discours.

Mots-Clés : Contenus ; École maternelle ; Pratiques scolaires ; Extrascolaires ; Médiation scientifique.

Discours de médiation et mise en récit des sciences : le cas d'un conte étiologique lors d'une visite scolaire au parc en classe de maternelle

Introduction :

La communication proposée s'inscrit au cœur des préoccupations de la didactique des sciences en considérant les contenus scientifiques au sens large, c'est-à-dire, non seulement comme des connaissances factuelles, mais également comme des savoir-faire, des savoir être, des attitudes, des rapports à, des émotions (Delcambre, 2007/2013 ; Cohen-Azria & Dias-Chiaruttini, 2015 ; Sénécaïl, 2023). Notre recherche vise centralement à examiner les relations complexes entre les espaces scolaires et extrascolaires. Elle se focalise sur la dynamique entre ces deux espaces permettant de saisir la mise en œuvre et la construction des contenus scientifiques au cours des sorties effectuées dans le cadre scolaire. Pour cette communication, nous nous intéressons aux visites de classes dans les espaces naturels. À travers une étude de cas approfondie, nous explorons la manière dont ces sorties contribuent à la construction d'un rapport particulier à la nature chez des élèves de maternelle.

En nous appuyant sur le « continuum didactique » tel que défini par Cohen-Azria et Dias-Chiaruttini (2015), nous étudions les différents éléments qui traversent les espaces scolaires et hors scolaires. Ici, nous nous focalisons sur les types de rapports à la nature envisagés, mobilisés, construits avec des élèves hors de la classe et en sortie scolaire dans un parc.

Le rapport à la nature dans le cadre des sorties scolaires : un point de vue didactique

Dans un contexte mondial marqué par des préoccupations croissantes concernant la durabilité, l'éducation à la nature devient un levier essentiel pour promouvoir des attitudes et des comportements respectueux de l'environnement (Nicolas & Boelen, 2023). Une analyse approfondie de la médiation scientifique permet d'identifier les leviers éducatifs qui favorisent une compréhension fine des enjeux environnementaux et encouragent des actions durables (Sauvé & al., 2017 ; Finn & al., 2018). L'éducation à la nature joue un rôle central dans la formation des jeunes élèves en influençant la perception du monde qui les entoure (Dell'Angelo, 2009). La médiation dans le cadre des sorties scolaires au sein d'un environnement naturel revêt une importance particulière (Bogner, 1998), car elle impacte la manière dont les élèves développent leur compréhension des notions scientifiques, les contours des sciences et leurs relations à l'environnement (Idem ; Héritier & Wallenhorst, 2020), notamment dans le cadre d'une première familiarisation pratique (Martinand, 1987 ; Coquidé-Cantor, 1998 ; 2000). Différents points sont particulièrement prégnants pour saisir, dans les pratiques, la construction d'un certain rapport à la nature chez les élèves de maternelle :

- le développement d'une conscience environnementale (Bogner, 1998 ; Dell'Angelo, 2009) ;
- l'interconnexion entre l'école et le hors-l'école (Samson & al., 2017) ;
- la connexion émotionnelle avec la nature (Boelen & Nicolas, 2024).

En effet, une éducation « réussie » à la nature ne se limite pas à la transmission de connaissances scientifiques, mais englobe également le développement d'un rapport positif à son environnement (Boelen & Nicolas, 2024 ; Héritier & Wallenhorst, 2020).

Dans le cadre des visites scolaires au musée, Cohen-Azria et Dias-Chiaruttini (2015) proposent l'hypothèse d'un *continuum didactique*. Nous faisons le choix de transposer cette hypothèse aux situations de sorties scolaires dans les parcs et jardins. Ce faisant, nous considérons que ces types de visites s'inscrivent dans une histoire scolaire et que les contenus qui y circulent sont le fruit des transformations réalisées par l'école et par la structure d'accueil. La notion de contenus s'appuie ici sur les travaux de Delcambre, 2007/2013 ; Daunay, Fluckiger & Thépaut, 2015 ; Sénécaïl, 2021. Il s'agit alors de les construire de manière ouverte autour des : savoirs, savoir-être, savoir-faire, attitudes, valeurs, rapport à.

Ainsi, nous cherchons à savoir :

Quels sont alors les contenus en jeu liés à la biodiversité, à la biodynamique et à la définition du « vivant » dans ces situations ? Comment les obstacles anthropomorphiques sont-ils (ou non) pris en compte dans les discours de médiation ? Quels éléments discursifs nous permettent de reconstruire le type de rapport au vivant dans les situations de visites au parc ?

Pour se faire, l'analyse des discours de médiation se révèle être un outil pertinent pour mieux comprendre comment la médiation permet ou non de lier expérience scolaire et expérience extrascolaire (Dias-Chiaruttini, 2018 ; Cohen-Azria & Dias-Chiaruttini, 2015 ; Sénécaïl, 2023). L'approche par les contenus permet alors d'entrer de manière spécifique dans les discours et d'envisager entre autres, des registres de discours variés.

Méthodologie : étude de cas et analyse catégorielle du discours

La méthodologie adoptée pour cette recherche repose sur une analyse discursive et prend appui sur une démarche proche de l'analyse thématique de contenus telle que proposée par Bardin (1977) puis Robert & Bouillaguet (1997). Dans cette optique, le film de la visite scolaire vient en appui à la retranscription complète de la séance observée. Cette analyse se fait en trois grandes étapes. Une première phase (1) dite de préanalyse qui consiste en une étape préliminaire de constitution, d'organisation et de repérage. Une deuxième phase (2) dite d'exploitation du matériel vise à accéder au sens des documents par une thématisation des données. Enfin, une troisième phase (3) consiste en une opération de traitement pour l'interprétation des données.

Cette analyse discursive des contenus repose sur l'étude d'une séance de sortie scolaire dans un parc du nord de la France (Les prés du Hem, Villeneuve-d'Ascq). La séance, intitulée "L'arbre mon ami", a été menée avec une classe de grande section de maternelle, composée de 26 élèves, accompagnés de leur enseignante, d'une guide, de l'AVS et de trois adultes accompagnatrices. Cette visite est organisée en différentes parties qui s'enracinent autour d'un conte étiologique présenté par la guide en début de visite. Celui-ci sert de support à l'activité et au discours de médiation. Il s'appuie sur l'histoire d'un rouge-gorge cherchant refuge auprès des arbres. Les objectifs déclarés par la structure d'accueil pour cette visite

Discours_Médiations_Visite_Parc
sont les suivants :

- Découverte des parties de l'arbre
- Reconnaissance de quelques espèces par les feuilles
- Découverte du cycle de vie annuel des arbres
- Comprendre que les arbres sont des êtres vivants

Notre analyse s'étend au-delà des seuls discours verbaux, en prenant en compte la multimodalité du discours (Mondada, 2005), la posture de la guide, les gestes déictiques (notamment de pointage), l'usage des objets ainsi que les contraintes spatiales et disciplinaires. Nous examinons également les dimensions émotionnelles et les rapports à la nature qui peuvent découler de ces sorties éducatives.

Les observations s'inscrivent dans une démarche d'inspiration ethnographique. Ainsi, les chercheurs n'interviennent pas dans la construction de la séquence observée ni durant la situation. Par ailleurs, nous situons cette étude dans le cadre méthodologique d'une « pensée par cas ». C'est-à-dire une méthode qui s'attache à comprendre la singularité des cas en restituant l'histoire dont elle est le produit et le contexte qui la rend possible (Passeron & Revel, 2005, 26).

Résultats

Dans cette section, nous présentons quelques résultats de notre étude sur la base de quelques exemples. Ces résultats mettent en lumière un défi majeur dès l'introduction de la situation, basée sur la lecture d'un conte étiologique traitant d'un « petit oiseau ». Bien que cette approche ait permis à la guide de créer un référent commun à la classe (Martinand, 1987 ; Coquidé-Cantor, 1998), elle introduit dès lors une confusion des registres de discours (scientifique et littéraire), créant ou renforçant des obstacles tant sur le plan épistémologique que didactique. C'est ce que montre l'extrait suivant dans lequel la guide établit une confusion entre l'histoire du petit oiseau et les phénomènes biologiques à l'œuvre dans l'environnement :

Guide : Cette histoire est vieille, très vieille.

Est-ce que vous pensez qu'aujourd'hui ces arbres accepteraient petit oiseau dans leurs feuilles ?

Elèves : Oui !!!!!!!

Guide : Oui, aujourd'hui, il l'accepterait

Par ailleurs, la fable est empreinte de pensée magique, d'anthropomorphisme et de spécisme. En effet, l'histoire du « petit oiseau » se résume comme suit :

Un petit oiseau cherche un abri auprès des arbres :

Saule ; Charme et Erable. Ils refusent en le méprisant.

L'oiseau se rend auprès du Houx qui accepte de l'accueillir.

L'esprit de la forêt punit le Saule, le Charme et l'érable en leur faisant perdre leur feuille l'hiver.

Ainsi, la guide prête des intentions humaines aux arbres (refus, mépris...) et introduit la question d'un châtiment par l'esprit de la forêt qui explique la perte des feuilles en automne. En cela il réside à la fois une vision anthropomorphique du monde, mais également une vision créationniste. Ces mécanismes peuvent alors constituer un véritable frein à la construction de connaissances scientifiques chez les élèves, ce qui rejoint de précédents travaux menés dans le cadre scolaire (Marlot & Roy, 2021).

En amont de la visite, l'analyse discursive révèle que la définition du parcours et des interactions a restreint la possibilité d'adopter un discours systémique. En effet, dès le début de

Discours_Médiations_Visite_Parc
la séance, on peut entendre cela :

Guide : *Est-ce que vous savez de quoi on va parler ce matin ?*

Elève : *Oui de la nature*

Guide : *Et surtout de quoi ?*

Elève : *Des oiseaux*

Guide : *On peut en parler un peu*

Elève : *Des arbres*

Guide : *Des arbres !*

Ici, nous retrouvons des indicateurs d'une scénarisation en amont de la séance (*on va parler*). Ce scénario implique alors une forme de découpage de la nature en des éléments indépendants, l'arbre et l'oiseau sont pensés comme des entités séparées. En cela, le discours impose un découpage de la nature qui ne permet pas d'entrer dans une forme de pensée systémique, biodynamique et écologique. L'arbre est ainsi envisagé davantage comme un individu que comme un organisme inséré dans des interactions biophysiques plus vastes. Du point de vue du rapport à la nature, cette approche a perpétué une vision utilitariste, telle que la décrit Bogner (1998), en limitant la perspective des élèves sur la nature en tant que système interconnecté. Pour autant, nos analyses montrent que des contenus scolaires et scientifiques sont en jeu dans la situation de sortie scolaire observée, notamment en termes de construction d'un rapport à la nature et d'un rapport au langage en sciences. En effet, nos analyses montrent que la prise en compte de l'expérience que représente la sortie pour la classe implique un certain nombre de contenus à valeur affective pour les élèves (en lien avec le petit oiseau par exemple, ou encore la douleur des végétaux déclarée par le guide). Ces contenus participent de la construction d'une culture scientifique chez les élèves et s'intègrent plus globalement à leur expérience sociale de la nature et du vivant.

Conclusion

En définitive, notre communication souligne l'importance d'une réflexion approfondie sur les méthodes de médiation lors des sorties scolaires en milieu naturel pour mieux comprendre le type de rapport à la nature qui peut s'établir chez les élèves. Cette étude de cas pose ainsi les bases d'une réflexion autour de la prise en compte des spécificités des espaces naturels (espace multisensoriel avec les chants d'oiseaux, les odeurs de la terre, le vent, les déplacements sur des supports variés...) qui accueillent les groupes classes dans la construction de contenus scientifiques et d'un rapport aux sciences chez les élèves. De nouvelles observations permettront de mieux saisir les pratiques et discours de médiation et de comprendre plus finement les mécanismes à l'œuvre dans ces situations.

Bibliographie

- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. PUF.
- Boelen, V. & Nicolas, L. (2024). *L'éducation par la nature : Théories, pratiques, formations*. Le Manuscrit des Savoirs.
- Bogner, F. X. (1998). The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspective, *The Journal of Environmental Education*, 29:4, 17-29. <https://10.1080/00958969809599124>
- Cohen-Azria, C., & Dias-Chiaruttini, A. (2014). La visite scolaire : Un espace singulier au croisement de deux institutions [Communication au 4e séminaire international sur les méthodes de recherche en didactiques, 13 juin 2014, Villeneuve-d'Ascq].
- Cohen-Azria, C., & Dias-Chiaruttini, A. (2015). Analyser les contenus en jeu dans la visite scolaire au Musée : questions méthodologiques. In B. Daunay, C. Fluckiger, & R. Hassan (Eds.), *Les Contenus d'enseignement et d'apprentissage. Approches*

- Coquidé-Cantor, M. (2000). Le rapport expérimental au vivant. [Mémoire d'HDR, Université Paris XI], tel-00525838.
- Coquidé-Cantor, M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster*, 26, 109-132.
- Daunay, B., Reuter, Y., & Thépaut, A. (2013). Les contenus disciplinaires. *Approches comparatistes*. Presses Universitaires du Septentrion.
- Delcambre, I. (2013). Contenus. In Y. Reuter (Ed.), *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques* (3e éd., pp. 43-48). De Boeck Supérieur.
- Dell'Angelo-Sauvage, M. (2009). *La construction d'un rapport au vivant : un autre regard sur les enseignements relatifs aux vivants à l'école et au collège*. Delagrave.
- Finn, K. E., Yan, Z., & McInnis, K. J. (2018). Promoting physical activity and science learning in an outdoor education program. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 89(1), 35-39. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000477493.97618.8c>
- Hétier, R., & Wallenhorst, N. (2020). L'Enlivennement comme éducation en Anthropocène. *La Pensée écologique*, 5. <https://doi.org/10.3917/lpe.005.0011>
- Martinand, J.-L. (1987). *Connaître et transformer la matière*. Peter Lang.
- Mondada, L. (2005). Espace, langage, interaction et cognition : une introduction. *Intellectica*. *Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, 41-42, 7-23.
- Nicolas, L., & Boelen, V. (2023). Les pratiques d'éducation par « la nature » : Quels enjeux pour la formation des professionnel.le.s ? Numéro varia avec une concentration thématique – Volume 18(2).
- Passeron, J.-C., & Revel, J. (2005). *Penser par cas*. Éditions EHESS.
- Robert, A., & Bouillaguet, A. (1997). *L'analyse de contenu. Que sais-je ?* PUF.
- Marlot, C., Roy, P., Riat, C., & Ligozat, F. (2018). Entrée dans la culture scientifique au début de l'école. [Séminaire annuel du groupe de recherche en didactique comparée, Université de Genève, juin 2018].
- Samson, G. Defosses, P., Simard, C. & Nicole, M.-C. (2017). Donner le goût à l'école par l'entremise de l'environnement. In S. Ouellet (Éd.), *Soutenir le goût de l'école*. Presses de l'Université du Québec.
- Sauvé, L., Orellana, I., Villemagne, C., & Bader, B. (2017). *Education Environnement Ecocitoyenneté*. Presses de l'Université du Québec. <https://doi.org/10.14375/NP.9782760546684>
- Sénécaïl, A. (2021). Les contenus en didactiques : cas des visites scolaires dans les musées de sciences. Thèse de doctorat, Université de Lille.
- Sénécaïl, A. (2023). Dires des guides durant les visites scolaires au musée de sciences : quelle place pour la familiarisation muséale ? *Recherches en didactiques*, 35, 79-96. <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.3917/rdid1.035.0079>

De quelle manière une mise en récit par les élèves peut leur permettre de construire des savoirs scientifiques ?

Albine Courdent¹

1 : Théodile-CIREL, Centre Interuniversitaire de Recherche en Éducation de Lille, Université de Lille

Résumé

De nombreuses recherches ont pointé l'usage positif du récit de fiction comme support pour l'apprentissage des sciences. D'autres travaux, ont montré une certaine ambiguïté dans l'effet de l'élaboration de récits par les élèves sur la construction de savoirs, la narration pouvant conduire à un travail sur les connaissances scientifiques ou bien à un repli sur le sens commun. Nous nous demandons ici quelle peut être la potentialité de la mise en récit à reconfigurer des éléments de savoir indépendants en savoirs construits, en prenant appui sur les nécessités de l'intrigue. Nous menons pour cela une étude de cas en CM1 où les élèves élaborent, en groupe, une enquête policière en y intégrant des éléments issus d'une séquence de sciences. L'analyse des discussions de groupe et des évaluations montre que les élèves mobilisent des contenus scientifiques et conduisent des raisonnements hypothético-déductifs analogues à ceux menés en classe, favorisant la construction de savoirs pour eux-mêmes et pour leurs camarades. De plus, des concepts non visibles lors de l'enseignement émergent à l'occasion de la construction de l'intrigue.

Mots-Clés : Récit ; Narration ; Intrigue ; Savoirs scientifiques.

De quelle manière une mise en récit par les élèves peut leur permettre de construire des savoirs scientifiques ? Une narration conceptualisante

Introduction

Cette contribution se situe dans le cadre des recherches qui interrogent le rôle du récit dans l'apprentissage des sciences. En effet, les travaux de Bruguière et Triquet (2014) et Soudani et al. (2015), mettent en évidence que la lecture de fictions réalistes peut être déclencheuse d'une démarche de problématisation ou de l'émergence de savoirs théoriques sous-jacents. Nous étudions pour notre part ce qui se joue du point de vue des apprentissages scientifiques lorsque les élèves élaborent eux-mêmes un récit de fiction. Des points de vigilance ont été notés quand les élèves racontent, en particulier le risque qu'ils énoncent de simples « petites histoires » qui se replient sur le sens commun, et qui limitent alors la construction de savoirs scientifiques (Orange-Ravachol, 2010). Cependant, Triquet (2007) montre qu'en produisant un récit de fiction à partir de leur visite d'un musée, les élèves investissent leur imaginaire et se saisissent du ressenti positif déclenché par l'exposition pour s'engager dans un travail sur les connaissances scientifiques en parallèle à la construction de l'intrigue. Nous abordons donc un axe d'étude particulier qui est celui de la potentialité de la mise en récit à reconfigurer des éléments de savoir indépendants en savoirs construits, en prenant appui sur les nécessités de l'intrigue. Nous nous fondons pour cela sur plusieurs recherches. Les travaux de Bruner (2002), indiquent que le récit invite à nous poser les problèmes du monde, ce qui, dans le contexte de l'enseignement, entre en résonance avec l'identification et le traitement de problèmes conceptuels par les élèves. Nous proposons que le travail cognitif mené par les élèves lors de la conception de leur récit puisse générer une transformation des structures de pensée, amenant à la reconstruction de savoirs et la compréhension tel que l'envisage Bachelard (1938). Au cours de la mise en récit, selon Ricœur (1986), l'opération intellectuelle de configuration, qui est constitutive de la mise en intrigue, permet d'accéder à la compréhension. Baroni (2007) montre quant à lui, comment la tension liée à l'intrigue, en associant les dimensions émotionnelle et cognitive du récit, suscite l'intérêt. Ainsi, nous nous demandons dans quelle mesure l'élaboration par les élèves d'un récit intégrant des apports de sciences peut leur permettre de construire des savoirs scientifiques.

Méthodologie

Notre étude de cas, qui s'inscrit dans une recherche plus large, prend appui sur des enseignements menés en classe de CM1 qui articulent une séquence de sciences portant sur la reproduction sexuée des plantes à fleurs, avec une séance sur les composants d'un récit policier et la démarche d'enquête. Avant la séquence de sciences, l'enseignant énonce aux élèves qu'ils auront à élaborer un récit policier comprenant des apports scientifiques pour apporter du réalisme à leur histoire. À l'issue de ces enseignements, les élèves, par groupe, élaborent leur récit de fiction. Les discussions orales entre les élèves au cours de ce moment que nous nommons « mise en récit », sont enregistrées et transcrites. Nous analysons, à

l'aide de ces transcriptions, les processus en jeu susceptibles de conduire à la mobilisation de démarches et la construction de savoirs scientifiques. Nous disposons des traces écrites du cours que les élèves peuvent solliciter lors de leur mise en récit. Il s'agit en particulier d'un compte-rendu d'expériences de fécondation artificielle (Fig. 1) destiné à identifier la nécessité d'une rencontre entre grains de pollen et ovules pour générer des graines lors de la fécondation. Des schémas constituent aussi des traces écrites : un schéma portant sur le mécanisme de fécondation (Fig. 2) et un autre sur le cycle de vie d'une plante à fleur (Fig. 3).

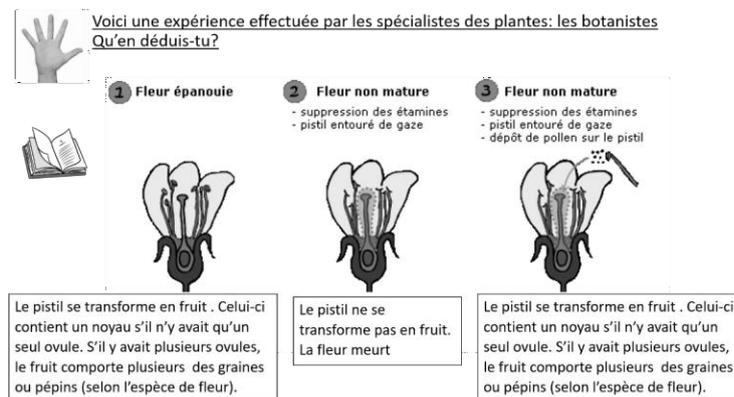


Figure 1 : Compte-rendu d'expériences de fécondation d'une fleur bisexuée

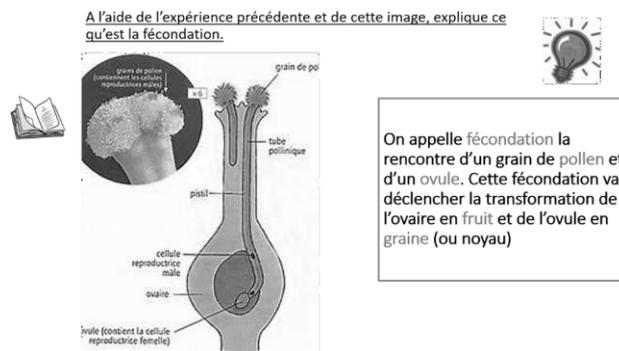


Figure 2 : Schéma et trace écrite du mécanisme de fécondation

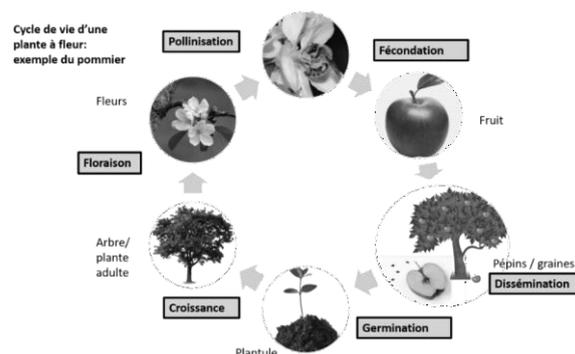


Figure 3 : Cycle de vie d'une plante à fleurs

Nous caractérisons l'effet de la mise en récit sur l'appropriation progressive du concept de fécondation, en utilisant les éléments issus des évaluations qui ont été menées avant (fig. 4) et après (Fig. 5) la mise en récit. La première évaluation correspond à une forme ordinaire pour les élèves, ancrée dans leurs habitudes de travail. Les élèves y complètent un texte propositionnel à l'aide du vocabulaire abordé en séance de classe. Si la construction imposée du texte ne laisse pas aux élèves la possibilité d'exprimer par eux-mêmes le fonctionnement de la fécondation, elle permet de faire émerger une certaine maîtrise ou difficulté à s'approprier le concept à l'aide du lexique scientifique. La deuxième évaluation, d'une exigence cognitive supérieure, en favorisant l'expression personnelle, permet d'approcher la compréhension de l'élève.

Les **étamines** sont les organes reproducteurs mâles de la plante, elles portent les grains de **pollen**. Le pistil est l'organe reproducteur **femelle**. La base du **pistil** est l'ovaire qui contient des **ovules**. Avec la pollinisation, les grains de pollen descendent dans le pistil. Si un grain de pollen rencontre un ovule, il y a **fécondation** et formation d'une **graine**. Après la fécondation, la graine grossit et la paroi de l'ovaire s'épaissit : un nouveau **fruit** contenant des graines se forme. La reproduction des plantes à fleurs est une reproduction **sexuée**, car elle fait intervenir des cellules mâles et femelles.

Figure 4 : Évaluation pré-récit sous forme de texte à trous

1 : Écris un petit texte (accompagné d'un schéma si tu le souhaites) pour expliquer la fécondation d'une fleur.
 2 : Une fleur qui donne des graines a-t-elle été fécondée ?

Figure 5 : Questions de l'évaluation post-récit

Concernant l'appropriation de la chronologie des étapes de développement, nous mettons en regard l'évaluation pré-récit qui demande replacer les étapes (plantules, fleur, graines) dans la succession du développement, avec ce qu'énoncent les élèves lors d'entretiens.

Processus mis en œuvre, effet sur les apprentissages et pistes d'interprétation

Analyse portant sur la construction du concept de fécondation

Dans un premier groupe (1), composé de 4 élèves, nous avons pu repérer, lors de la mise en récit, la mobilisation de ce qui a été appris lors de l'analyse du compte-rendu d'expérience. L'extrait des discussions ci-dessous montre qu'une **reconfiguration, dans le contexte de l'intrigue**, des éléments de savoirs (repérés en italique) issus de l'explication menée en classe des résultats de ce compte-rendu, a permis aux élèves de s'approprier le rôle du pollen dans la fécondation et dans la genèse de graines.

1. Enseignant	Est-ce que vous avez une idée des indices ?
2. Ne	Oui, c'est ça.
3. Ad	Alors les traces qui sont laissées ...
4. Ay	Le <i>pollen</i> !
5. Ne	Les <i>étamines</i> ...

6. Enseignant	OK. Qu'est-ce qu'on peut faire avec le <i>pollen</i> ?
7. Va	Si on en met sur les mains, ça va faire des traces.
8. Enseignant	L'enseignante : Oui, autre chose ?
9. Ad	Avec des empreintes digitales du <i>pollen</i>
[...]	[...]
17. Enseignant	Vous avez appris des choses sur le <i>pollen</i>
18. Va	Il fait la <i>fécondation</i> ...
19. Ay	Par exemple on a trois fleurs, on va mettre du <i>pollen</i> sur les trois et s'il y en a une qui fait des <i>graines</i> , ça veut dire que c'est cette fleur d'origine qui a donné le <i>pollen</i>
20. Enseignant	Exactement, d'où coup tu sais d'où vient le pollen qui a peut-être été rapporté là par quelqu'un qui était près de la fleur.
21. Ne	Ouais. Le suspect il avait des traces de pollen sur sa veste. On a fait une expérience de <i>fécondation</i> pour identifier la fleur pour savoir d'où vient le grain de <i>pollen</i> : On va éparpiller le pollen sur des fleurs pour voir si ça fait des <i>graines</i> et quelle fleur le suspect a touché. Et si c'est une fleur qui était près du <i>botaniste</i> , ça veut dire qu'il était là.

Nous pouvons noter que les élèves, en articulant les éléments de savoirs scientifiques et du récit (traces, empreintes, localisation du suspect), développent **un raisonnement hypothético-déductif**, analogue à celui conduit en classe, mais ici au service de l'intrigue, que l'on pourrait traduire par la relation suivante :

Sachant ce qu'est la fécondation,
 considérant trois fleurs d'espèces différentes sur lesquelles on applique le même pollen,
 si une des fleurs développe des graines,
 alors cela indique qu'une fécondation a eu lieu et que le pollen provient du même type (espèce) de fleur que celle qui a généré les graines.

Les évaluations pré-récit des élèves montrent que le vocabulaire fondamental associé au concept de fécondation n'est que très peu utilisé de manière à ce que le texte soit significatif du fonctionnement de la fécondation (Fig. 6). La fécondation comme élément déclencheur de l'apparition de graines n'est pas identifié. Après la mise en récit (Fig. 7) les élèves réussissent à indiquer des caractéristiques de la fécondation, de manière plus ou moins précise selon les cas. Ils identifient tous que la fécondation déclenche l'apparition des graines.

Élèves/Mots	Fécondation	Graine	Fruit
Ne		X	
Ay		X	
Va			
Ad			

Figure 6 : Usage des mots dans le texte propositionnel de l'évaluation pré-récit (L'usage tel qu'attendu est signalé par X, quand l'usage ne correspond pas au sens du mot, la case est laissée vide)

	Formulations personnelles des élèves concernant la fécondation	Réponse à la question : « Une fleur qui donne des graines a-t-elle été fécondée ? »
Ne	On dit fécondation quand on met du pollen sur l'ovule	Oui
Ay	Quand un grain de pollen va sur le pistil, dans le style, il crée un tuyau et va jusqu'à l'ovule. Et fait une graine : la fécondation	Oui
Va	Pour faire une fécondation, il faut l'organe femelle et l'organe mâle pour faire une graine	Oui
Ad	La fécondation, c'est quand l'organe mâle et l'organe femelle, et ça fait une fécondation.	Oui

Figure 7 : Définition de la fécondation par les élèves du groupe 1 après la mise en récit

De plus, un contenu scientifique qui n'avait pas été énoncé explicitement en classe apparaît dans le raisonnement lors de l'élaboration du récit. En effet, pour retrouver l'origine du pollen qui tient lieu d'indice dans l'intrigue, les élèves ont intégré qu'ils pouvaient réaliser une fécondation artificielle avec différentes sortes de fleurs, et que seule celle de la même sorte que le pollen générerait des graines. Ils ont implicitement convoqué la nécessité d'avoir des gamètes de même espèce pour obtenir une fécondation, ce qui est le cas le plus courant dans la nature et qui était implicite dans les documents de classe (les expériences représentent des fleurs de même espèces).

Ainsi, la construction de l'intrigue et la recherche de preuves permet à certains élèves de conduire des explications scientifiques en analogie à celles mobilisée en classe, et à d'autres élèves de bénéficier de ces explications pour éclaircir un concept (celui de fécondation). De surcroît, la mise en récit a favorisé l'émergence d'un concept non explicité en classe (fécondation intraspécifique) qui pourrait donner lieu à des approfondissements dans des séances de sciences postérieures.

Analyse portant sur la construction du concept de transmission des caractères liés à une espèce donnée

Dans un deuxième groupe (2) composé de deux élèves, les discussions lors de la mise en récit ont seulement évoqué le concept de fécondation et ont plutôt utilisé pour l'intrigue le développement de la graine en plantule. Dans l'extrait ci-dessous les éléments scientifiques sont signalés en italique.

D'une part, **la germination est mobilisée au service de l'intrigue par un élève (K) qui explique à l'autre élève (Z) la chronologie des étapes de développement.**

1.	Z	Il vole une banane alors le singe. Mais bon. On peut pas l'accuser comme ça !
2.	K	Et ben on n'a qu'à dire que quand il marche dans le jus de fruit, il se colle des <i>graines</i> ou du <i>pollen</i> du <i>fruit</i> sous les pattes.
3.	Z	Et alors ?
4.	K	Ben le <i>pollen</i> , si on fait l'expérience de la <i>fécondation</i> avec des fleurs du jardin ça donnera une <i>graine</i> et le <i>fruit</i> qui a été écrasé.

5.	Z	Ouais. Des fraises. C'est bien rouge.
6.	K	Et si c'est déjà une <i>graine</i> qui est collée, on n'a qu'à la faire <i>pousser</i> . Ça va faire une <i>plantule</i> qui <i>ressemblera</i> à la <i>plante</i> du <i>fruit</i> écrasé du jardin.

Des indices concordants nous amènent à repérer un certain progrès pour l'élève (Z) concernant les étapes de développement en comparant son évaluation avant la mise en récit et ce qu'il énonce après. En effet, dans son évaluation pré-récit, il indique la succession des étapes de cette manière :

Graine > fleur > plantule

Dans l'entretien avec le chercheur, après la mise en récit, Z déclare : « La graine elle devient une plantule. Et après, ça devient la grande plante ».

Z précise encore que l'explication de son camarade l'a aidé à comprendre :

- Chercheur : Et vous vous êtes expliqué entre vous les choses ?
- Z : Ouais
- Chercheur : D'accord. Est-ce que tu penses que tu as mieux compris cette fois-ci les choses de sciences, que dans les séances d'avant ?
- Z : Oui
- Chercheur : Tu as un exemple ?
- Z : K, il a dit que la graine elle devient une plantule. Et après, ça devient la grande plante.

D'autre part, le concept de transmission des caractères spécifiques d'un type de plante donné d'une génération à l'autre, de la graine à la plantule, est en jeu dans le raisonnement hypothético-déductif lié à la recherche de preuves pour la localisation du suspect. Un échange ultérieur reprend ce raisonnement :

Énoncé d'éléments initiaux de l'énigme (par Z)	Sollicitation d'un savoir scientifique issu des apports des cours pour poser l'hypothèse (par K)	Raisonnement scientifique fondé sur un savoir implicite (transmission des caractères spécifiques) menant à la déduction	...pour répondre à un problème lié à l'énigme
<i>...sous les pieds, les graines elles restent collées.</i>	<i>Et si on fait pousser les graines, ça donnera une plantule.</i>	<i>Et quand elle va pousser, on reconnaîtra la plante ...</i>	<i>... qui été écrasée à l'endroit du vol.</i>

Ainsi, pour ce groupe 2, la recherche des preuves au service de l'enquête a conduit les élèves à mobiliser des éléments de savoirs issus des apports de la séquence de sciences et à faire émerger un concept qui n'était pas visible lors des enseignements, celui de la transmission des caractères d'une génération à l'autre.

Éléments de conclusion

Nous avons pu mettre en évidence qu'au cours d'une mise en récit en groupe, certains élèves mobilisent des apports des séances de sciences et conduisent des raisonnements en analogie à ceux menés en classe, activant ainsi la démarche hypothético-déductive, pour eux-mêmes et pour leurs camarades. Au vu des prises de paroles des élèves, quand ils expriment les concepts à l'écrit ou oralement, nous pouvons suggérer que la reconfiguration des contenus

scientifiques à l'occasion des discussions visant à élaborer le récit, a contribué à consolider ou à construire des savoirs scientifiques. Il est à noter que des concepts non visibles lors des moments d'enseignement ont émergé à l'occasion de la construction de l'intrigue. L'appropriation des concepts visés a pu s'opérer pour les élèves investis dans la dynamique de l'enquête, mais cet investissement n'est pas le cas de tous les élèves ce qui constitue une limite au dispositif. Cela ouvre des perspectives pour envisager des modalités avec lesquelles les enseignants pourraient d'une part mobiliser différemment les élèves et d'autre part, rendre explicites et approfondir avec eux les contenus scientifiques.

Bibliographie

- Bachelard, G. (1938). *La Formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Vrin.
- Baroni, R. (2007). *La tension narrative : suspense, curiosité et surprise*. Seuil.
- Bruguière, C. & Triquet, E. (2014). Realistic-Fiction Storybooks as a Resource for Problematic Questioning of Living Being with Pupils in Primary School. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (eds), *Topics and trends in current science education. 9th ESERA Conference Selected Contributions* (p. 505-518). Contributions from Science Education Research. Springer.
- Bruner, J. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ? Le récit, au fondement de la culture et de l'identité*. Retz.
- Orange Ravachol, D. (2010). *Problématisations fonctionnaliste et historique dans la construction de savoirs et les apprentissages en sciences de la terre et de la vie : entre continuité phénoménale et discontinuité événementielle*. Mémoire d'Habilitation à Diriger de Recherches. IUFM des Pays de la Loire, Université de Nantes.
- Ricœur, P. (1986). *Du texte à l'action. Essai d'herméneutique, II*. Seuil.
- Soudani, M., Heraud J.-L., Soudani-Bani, O., & Bruguière, C. (2015). Mondes possibles et fiction-réaliste. Des albums de jeunesse pour modéliser en science à l'école primaire. *RDST*, (11), 135-159.
- Triquet, É. (2007). Élaboration d'un récit de fiction et questionnement scientifique au musée. *Aster*, (44), 107-134.

Des hypothèses sur l'alternance du jour et de la nuit : analyse des formulations d'élèves de cycle 3

Muriel Elaoumari¹, Maria Antonietta Impedovo¹, Corinne Jegou¹

1 : Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation, Aix-Marseille Université

Résumé

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI), préconisé en France au cycle 3 de l'école primaire, développe des compétences en lien avec le raisonnement scientifique. Une des étapes de ce raisonnement, la formulation d'hypothèses, est à développer chez les élèves car elle permet la construction de concepts, de connaissances et de procédures. Cependant, cette étape est peu définie et semble difficilement mise en œuvre par les enseignants français. Notre étude vise à caractériser les hypothèses formulées par des élèves de 9 à 11 ans, mis en situation de ESFI, dans le cadre de l'enseignement de l'astronomie. Nous avons élaboré une grille d'évaluation de la recevabilité des hypothèses puis étudié les effets du travail de groupe sur leur pertinence et leur formulation. Les résultats ont permis d'identifier des critères de pertinence et de catégoriser les hypothèses. L'étude suggère également que le travail de groupe a un effet positif sur la pertinence.

Mots-Clés : Hypothèse ; Raisonnement scientifique ; Cycle 3 ; Alternance jour/nuit.

Des hypothèses sur l’alternance du jour et de la nuit : analyse des formulations d’élèves de cycle 3

Introduction

L’enseignement scientifique à l’école doit veiller, non seulement, à la construction de connaissances scientifiques chez les élèves mais également au développement de compétences en lien avec le raisonnement scientifique (Oh, 2010). En avril 2023, le conseil supérieur des programmes (MENJ, 2023) réaffirme l’importance d’un enseignement des sciences fondé sur l’investigation (ESFI) au cycle 3 de l’école primaire. Une des compétences à développer chez les élèves de 9-11 ans repose sur la pratique des démarches scientifiques et technologiques dont une des étapes est de « formuler des hypothèses fondées et qui peuvent être éprouvées » (p. 4).

Pour Prieur, Monod-Ansaldi et Fontanieu (2013), c’est une étape-clé de la démarche qui caractérise l’ESFI. Cependant, Cariou (2015) souligne que « les préconisations pour les DI [...] mettent moins l’accent sur l’importance de l’hypothèse que sur les activités « hands on », semblant alors en appeler à des élèves actifs plutôt que créatifs » (p. 21).

Dans cette communication, nous nous intéressons à la capacité d’élèves de 9-10 ans à formuler des hypothèses sur l’alternance du jour et de la nuit. L’objectif est de caractériser les propositions individuelles d’élèves et d’analyser l’effet d’un travail de groupe.

La formulation d’hypothèse, une étape clé pour le développement du raisonnement scientifique à l’école

Dès 1910, Dewey déclare que l’hypothèse est le « facteur central » de la réflexion (cité par Cariou, 2015, p. 18) tandis que Windschitl rappelle la puissance du « processus créatif » de la formulation d’une hypothèse (2008 cité par Cariou, 2015, 17). En effet, la production et la gestion d’hypothèses apparaissent comme l’une des voies privilégiées dans la construction de concepts, de connaissances, de procédures. À travers la production et la gestion d’hypothèses, l’enfant met en jeu ses expériences et ses connaissances préalablement traitées et les rend disponibles pour des ajouts, des modifications, des dépassements dans son rapport à la réalité et dans le dialogue avec les pairs et l’enseignant (Gutman & Schoon, 2013). Cependant, si la « formulation d’hypothèses apparaît comme un élément essentiel de la trame présentée dans les programmes, le terme même d’hypothèse n’est jamais défini » (Mathé, Méheut et de Hosson, 2008, p.65). Par ailleurs, plusieurs études ont montré la difficulté pour les enseignants de développer cette capacité chez les élèves (Calmettes, 2009 ; Venturini & Tiberghien, 2012).

Dans le cadre de cette communication, nous retiendrons la définition suivante du terme hypothèse pour un ESFI : une hypothèse est une explication possible à une question posée, imaginée et formulée par les élèves, et qui doit faire l’objet d’une mise à l’épreuve, une affirmation, supposée vraie a priori, que l’on suspend pendant que l’on met en place un dispositif pour la tester. Notons, ici, la part prise par (1) le recours à l’imagination (Bächtold, 2012) et (2) la mobilisation de connaissances antérieures pour produire des réponses possibles à un problème (Park, 2006). Le lien entre discussion collective et construction de connaissances est pertinent pour les chercheurs engagés dans l’enseignement des sciences. Discussion et apprentissage sont liés en raison de leur capacité à entraîner l’émergence de nouvelles compréhensions et connaissances. L’engagement dans l’argumentation entre pairs

améliore les connaissances des élèves en favorisant un changement conceptuel (Nussbaum et Sinatra, 2003). Dès le plus jeune âge, les élèves sont capables de développer des arguments dès lors qu'il existe un cadre approprié et que les conditions nécessaires sont réunies pour leur permettre de s'engager dans l'argumentation (Convertini, 2021). Cariou (2015) rappelle « toute l'importance à accorder au dialogue, à l'échange intersubjectif, à la manière dont les enfants peuvent expliquer et réviser leurs idées par le discours, la collaboration et la négociation » (p. 19). Dans leur étude portant sur un enseignement de la flottabilité au collège, Boyer et Givry (2017) attestent de l'importance des échanges entre élèves pour l'évolution des idées au moment de la formulation des hypothèses.

Questions de recherche

Dans le cadre de l'étude présentée, la première question (Q1) qui se pose est celle des caractéristiques d'une hypothèse recevable dans le cadre d'un ESFI au cycle 3. Il s'agit, entre autres, d'évaluer la recevabilité d'une hypothèse formulée par des élèves (Faidit, Younès et Marlot, 2023). Une deuxième question (Q2) porte sur les effets d'un travail collectif sur la formulation d'une hypothèse. Pour répondre à ces deux questions, nous nous proposons d'analyser des hypothèses produites par des élèves de cycle 3 lors d'une séquence en astronomie sur l'alternance du jour et de la nuit.

Méthodologie

L'étude a porté sur 91 élèves âgés de 9 à 11 ans. La séquence comporte six séances d'environ 1 heure (S1 à S6). L'étape de production d'hypothèses est proposée en S4. Il s'agit, pour les élèves, de répondre à la question : « Comment expliquer l'alternance du jour et de la nuit ? ». Après un premier temps de travail individuel, les élèves (N=64) sont répartis par groupes de 3 ou 4 pour produire une réponse collective. Le recueil des hypothèses individuelles et de groupes permet d'évaluer leur recevabilité en prenant en compte les connaissances (Park, 2006), la testabilité des formulations et leur pertinence linguistique (Faidit, Younès et Marlot, 2023). Les effets du travail collectif sont évalués en analysant les écarts de formulation entre les hypothèses individuelles des élèves constituant le groupe et l'hypothèse collective. Seules les formulations textuelles sont prises en compte dans cette analyse.

L'analyse des données est organisée en trois étapes : (1) classification des modalités de formulation des hypothèses individuelles et collectives, (2) élaboration d'une grille d'analyse à partir des propositions individuelles des élèves, (3) analyse de l'hypothèse collective de chaque groupe au regard des hypothèses individuelles. Les étapes 1 et 2 visent à évaluer la recevabilité d'une hypothèse tandis que l'étape 3 vise à mesurer l'impact du travail collectif sur la formulation d'une hypothèse. L'étape 1 consiste à classer les productions en fonction du type d'écrit (texte, texte + schéma, schéma seul). L'étape 2 nous a mené à élaborer une grille d'analyse de la recevabilité des hypothèses produites, à partir des propositions individuelles des élèves (N=91) et d'une analyse a priori des connaissances mobilisées. Le tableau 1 présente les critères de recevabilité retenus pour l'étude et leurs différentes déclinaisons.

Dimension	Codage	Sous dimension	Description	Exemples d'hypothèses formulées par les élèves (orthographe corrigée)
Mobilisation des connaissances par rapport à la problématique	1	Pertinente	Présence de toutes les connaissances utiles -Rotation de la Terre -Soleil = source lumineuse -Source lumineuse fixe	C'est le mouvement de la Terre qui fait cette alternance jour - nuit. Elle tourne sur elle-même.
	2	Incomplète	Présence d'une des connaissances utiles	La Terre tourne sur elle-même autour du Soleil.
	3	Non applicable	Absence de connaissances utiles	La Terre tourne autour du Soleil.
Testabilité et prédiction par rapport au problème	1	Testabilité et prédiction	La ou les prédictions restent vraies si l'hypothèse elle-même est vraie. Une prédiction testable peut être vérifiée expérimentalement.	L'alternance, vu que la Terre tourne, quand elle est dos au Soleil, une partie a le soleil, l'autre la nuit.
	2	Seulement testabilité	Peut être vérifié expérimentalement	La Terre tourne sur elle-même en 24 heures.
	3	Ni testabilité ni prédiction		La Terre tourne autour du Soleil.
Pertinence linguistique de la formulation	1	Avec connecteurs logiques	Présence d'au moins un connecteur	C'est car la Terre tourne autour du Soleil, donc quand la Terre n'est plus devant le Soleil, il y a la Lune.
	2	Sans connecteurs logiques	Absence de connecteur	La Terre tourne autour du Soleil et elle tourne sur elle-même.

Tableau 1: Grille d'analyse de la recevabilité des hypothèses

L'étape 3 considère les effets d'un travail collectif sur la formulation d'une hypothèse. Les hypothèses collectives (N=17) sont classées selon trois catégories de formulation apparues dans les propositions des élèves (tableau 2).

Catégories	Critères
Duplication	Choix d'une des propositions individuelles sans modification
Reformulation	Elaboration d'une nouvelle proposition à partir d'une ou plusieurs propositions individuelles
Enrichissement	Présence d'éléments nouveaux dans la proposition collective n'apparaissant pas dans les propositions individuelles

Tableau 2: Eléments d'analyse du passage de la formulation individuelle à la formulation collective

Résultats

Étape 1

L'analyse des propositions individuelles des élèves (N=91) montre que 73,4 % des formulations comprennent un texte et un schéma. Nous présentons, ici, l'analyse des formulations textuelles qui a permis de sélectionner les critères d'analyse de recevabilité des hypothèses (tableau 1).

La répartition quantitative des hypothèses individuelles et collectives selon leur formulation est analysée. Les hypothèses individuelles prises en compte sont celles produites par les élèves constituant les groupes et ayant participé à la production d'hypothèses collectives (N= 64). Ces résultats montrent que la formulation texte et schéma est majoritaire pour les hypothèses individuelles (69,2%). La formulation schéma seul est la moins représentée (8,8%). Cette formulation disparaît dans les hypothèses collectives. Les hypothèses formulées par des textes seuls deviennent majoritaires dans une modalité collective (64,7% contre 22% en production individuelle).

Étape 2

64 hypothèses individuelles correspondant à 17 hypothèses collectives sont analysées en utilisant la grille de recevabilité des hypothèses. Un score de recevabilité est établi en prenant en compte le codage de la grille et les hypothèses sont ensuite en 5 catégories pour une analyse quantitative (tableau 3).

Catégories	Critères de recevabilité	Score total	Codage
C1	pertinente, testable, prédiction, + critères linguistiques	égal à 3	1;1;1
C2	pertinente, testable, prédiction, - critères linguistiques	égal à 4	1;1;2
C3	pertinente, testable, + ou - critères linguistiques	entre 4 et 5	1;2;1 ou 1;2;2
C4	Incomplète, testable, + ou - prédiction, +/- critères linguistiques	entre 4 et 6	2;2;1 ou 2;2;2 ou 2;1;1 ou 2;1;2
C5	Incomplète/ non applicable, non testable, +/- critères linguistiques Non analysable	> ou égal à 6	2;3;1 ou 2;3;2 ou 3;3;1 ou 3;3;2

Tableau 3: Catégorisation des hypothèses en fonction de leur recevabilité

Cette analyse quantitative de la recevabilité des hypothèses montre que les hypothèses pertinentes et testables (C1, C2 et C3) constituent 42% des hypothèses individuelles et 41% des hypothèses collectives (Figure 1). Les hypothèses incomplètes, testables ou non, représentent respectivement 58 % et 59 % des hypothèses individuelles et collectives. Ces résultats montrent une répartition équivalente de la recevabilité des hypothèses entre les hypothèses individuelles et collectives. A titre d'exemple, l'hypothèse individuelle suivante est considérée comme recevable (catégorie C1) : « *La Terre tourne autour du Soleil et elle tourne sur elle-même. Elle met 24 heures à faire un tour complet sur elle-même et met 355 jours à faire un tour complet autour du Soleil. Quand elle tourne sur elle-même, une face de la Terre est face au Soleil. Quand une face est face au Soleil, c'est le jour et quand elle ne l'est pas et que l'autre côté l'est, nous avons la nuit.* ». L'hypothèse collective suivante est recevable (catégorie C1) selon nos critères : « *Comme la Terre tourne autour d'elle-même et que le soleil illumine qu'une partie de la Terre il y a donc une alternance jour et nuit. Un tour de la Terre sur elle-même égale 24 heures, un tour de la terre autour du soleil égale 365 jours* ». La formulation est rapportée à l'identique mais, pour des facilités de lecture, l'orthographe a été corrigée.

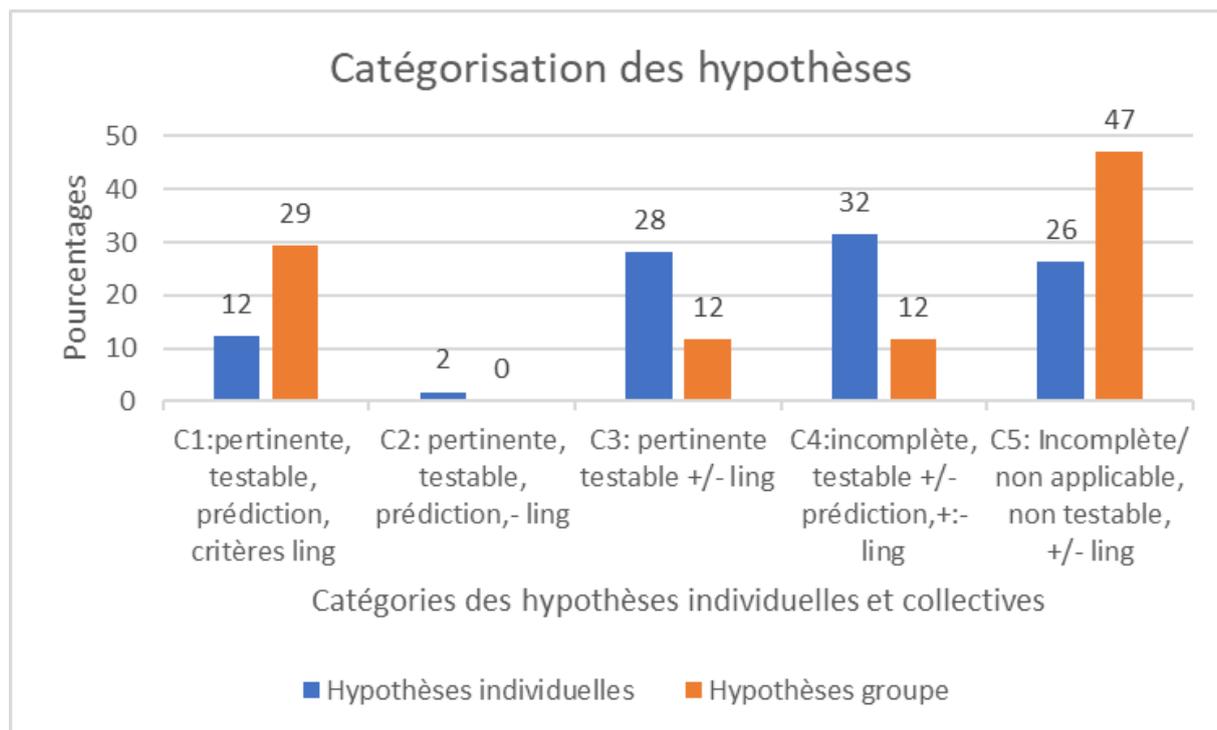


Figure 1: Catégorisation des hypothèses individuelles et collectives

Étape 3

Les hypothèses collectives (N= 17) sont classées en 3 catégories selon les critères retenus dans le tableau 2. Les résultats montrent que les élèves formulent essentiellement des hypothèses collectives à partir de propositions déjà existantes (47 %). Ils dupliquent des propositions individuelles (29%) et peuvent également les enrichir en ajoutant des éléments nouveaux (24%).

Conclusion

Cette étude s'inscrit dans la première étape du processus de construction du dispositif de collecte des données de la thèse en cours.

Les résultats obtenus permettent d'identifier des critères de pertinence d'hypothèses formulées par des élèves de cycle 3 dans le cadre d'un ESFI. Nous pouvons, ainsi, caractériser une hypothèse recevable. L'analyse montre un effet du travail de groupe sur la formulation de l'hypothèse mais également sur la recevabilité des propositions. La suite du travail se propose de préciser la nature des interactions entre élèves au sein des groupes afin de déterminer leur impact sur la production d'hypothèses. Compte tenu de ces résultats, nous proposons la définition d'une hypothèse comme une formulation multimodale, à partir d'une question choisie par l'enseignant, pour évoquer une variété de scénarios possibles, réels et prévisibles.

Bibliographie

- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, (38), 6-39.
- Boyer, A., & Givry, D. (2017). Quel est l'impact d'un moment de formulation d'hypothèses sur l'investigation menée par des élèves français (grade 7, 12 ans) durant un enseignement sur la flottabilité ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 11(1), 19-54.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques en classe. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 43(1), 139-148. <https://doi.org/10.3406/spira.2009.1191>
- Cariou, J. Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*, (21).
- Convertini, J. (2021b). An interdisciplinary approach to investigate preschool children's implicit inferential reasoning in scientific activities. *Research in Science Education*, 51, 171-186.
- Faidit, C., Younès, N., & Marlot, C. (2023, April). Contribution de l'usage d'une grille d'auto-évaluation dans le changement de postures lors de la construction d'hypothèses en sciences. Étude de cas d'une séquence menée par une enseignante débutante à l'école primaire en Suisse Romande. In « *Évaluation des apprentissages: continuités et ruptures....* » (p. 70).
- Gutman, L. M. & Schoon, I. (2013). *The impact of non-cognitive skills on outcomes for young people*. London: Institute of Education.
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse (2023). Renouvellement du programme de Sciences et technologie du cycle 3. <https://www.education.gouv.fr/le-conseil-superieur-des-programmes-41570>
- Mathé, S., Méheut, M. de Hosson, C.(2008). *Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? / Investigation approach in middle school : what are the stakes?*. In: *Didaskalia*, n°32, pp. 41-76.
- Nussbaum, E. M., & Sinatra, G. M. (2003). Argument and conceptual engagement. *Contemporary Educational Psychology*, 28(3), 384-395.
- Oh, P. S. (2010). How can teachers help students formulate scientific hypotheses? Some strategies found in abductive inquiry activities of earth science. *International Journal of Science Education*, 32(4), 541-560
- Park, J. (2006). Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypotheses. *International Journal of Science Education*, 28(5), 469-489.
- Prieur, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2013). L'hypothèse dans les démarches d'investigation en sciences, mathématiques et technologie : convergences et spécificités disciplinaires des représentations des enseignants. In Grangeat M. (dir.) "Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe" (p. 59-78). Grenoble, France : Presses Universitaires.
- Venturini, P. & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue française de pédagogie*, 180, 95-120.

Les potentialités de problématisation d'une séance ordinaire sur le moteur de la subduction en classe de Terminale Scientifique

Maroua Eltaief¹

1 : Laboratoire d'épistémologie et de didactiques des disciplines de Bordeaux, Université de Bordeaux

Résumé

Notre contribution s'intéresse à la problématisation en sciences de la Terre. Elle étudie les potentialités de problématisation d'une séance ordinaire portant sur le moteur de la subduction en Terminale scientifique. Plus explicitement, nous cherchons dans cette étude à comprendre si la séance ordinaire enregistrée permet-elle ou non l'émergence de moments où des ouvertures vers un processus de problématisation seraient possibles.

Mots-Clés : Potentialités de problématisation ; Séance ordinaire ; Moteur de la subduction ; Terminale scientifique ; Sciences de la Terre.

Les potentialités de problématisation d'une séance ordinaire sur le moteur de la subduction en classe de Terminale Scientifique

Introduction

Cette étude vise à comprendre les potentialités de problématisation d'une séance ordinaire observée en classe de Terminale scientifique portant sur le moteur de la subduction. Cette communication sera consacrée dans un premier temps à comprendre comment les scientifiques expliquent le problème du moteur de la subduction en nous inscrivant dans le cadre de l'apprentissage par problématisation (Orange, 2000 ; Orange Ravachol, 2010 ; Lhoste, 2017). Il s'agit alors de déterminer les conditions de possibilités liées au moteur de la subduction construites par les scientifiques (Orange Ravachol, 2003). Nous procéderons dans un second temps à une analyse épistémologico-langagière du corpus enregistré en classe. A travers cette analyse, nous visons à caractériser les savoirs construits en classe et à les étudier de point de vue de la problématisation. Notre travail sera mené en croisant ces deux cadres théoriques.

Cadres théoriques de l'étude

Cadre de l'apprentissage par problématisation

Cette étude s'ancre dans le cadre de l'apprentissage par problématisation en sciences de la Terre (Orange Ravachol, 2003) qui considère le savoir scientifique comme un savoir qui « ne peut en rien se limiter aux solutions des problèmes. C'est un savoir problématique et raisonné, dont l'épaisseur renvoie au travail des problèmes et à la construction argumentée des solutions » (Orange Ravachol, 2010, p. 6-7). Dans une dimension rationaliste, les savoirs scientifiques sont alors marqués par leur « apodicticité ». En effet, les savoirs ne se focalisent pas seulement sur les solutions des problèmes, mais incluent aussi ce qui fait que ces solutions sont retenues parmi d'autres écartées (Fabre et Orange, 1997 ; Orange, 2000 ; Orange Ravachol, 2003 ; Fabre, 2009 ; Lhoste, 2017). Ces savoirs construits dans une logique de problématisation sont différents des savoirs propositionnels ayant un caractère assertorique. En effet, ce type de savoir consiste à présenter des solutions aux problèmes et à accumuler un ensemble de faits en occultant toute relation au problème et aux raisons qui sont au cœur de l'élaboration de ces solutions.

Exemple du problème du moteur de la subduction

Dans le cadre de la tectonique des plaques, les modèles proposés pour expliquer le moteur de la subduction, font un focus sur l'isotherme 1300°C qui matérialise la partie basale des plaques, la limite lithosphère- asthénosphère. En effet, les données résultant de l'étude de la variation des vitesses de propagation d'ondes sismiques en profondeur du globe terrestre, montrent que l'isotherme 1300°C est une « limite thermique de part et d'autre de laquelle les péridotites changent de comportement et non d'un changement de nature des roches » (Jolivet, 2011, p. 24-25). Ainsi, en s'éloignant de l'axe de la dorsale chaud, la contraction

thermique engendrée provoque l'enfoncement de l'isotherme 1300°C et entraîne par suite l'augmentation de l'épaisseur de la lithosphère formée par de la péridotite rigide aux dépens de celle de l'asthénosphère composée par de la péridotite ductile. Cet épaississement alourdit la lithosphère, la rendant plus dense et conduisant à son enfoncement.

Le cadre épistémologico-langagier

La construction du problème par les scientifiques joue le rôle de référence pour mener ensuite nos analyses didactiques. Pour y parvenir, nous allons nous intéresser aux pratiques langagières des élèves et de l'enseignante en classe en s'inscrivant dans une approche historico-culturelle de développement humain de Vygotsky (1934/1985). D'après cette théorie, le développement de l'enfant nécessite une intériorisation des contenus culturels à travers la médiation de l'adulte considéré comme expert, et plus explicitement lors des interactions (dont celles langagières) nouées entre adultes et enfants. C'est dans cet horizon que nous allons positionner notre travail en considérant les pratiques langagières comme fondamentales pour comprendre l'activité cognitive des élèves et leur apprentissage en classe (Schneeberger, 2008). Ainsi, nous nous inscrivons dans cette étude dans une conception constructive du langage qui envisage la capacité du langage à créer des mondes construits dans et par le langage et à construire des objets de discours à travers le monde de signifiés, le monde de configurations et de reconfigurations sémantiques. Ceci nous sépare alors des pratiques qui condamnent les ratures, les reformulations et les controverses qui sont favorables à la formulation d'argumentation et par suite à la construction d'un savoir problématisé.

La question de recherche

Nous cherchons dans cette communication à comprendre les potentialités de problématisation d'une séance ordinaire consacrée à l'étude du moteur de la subduction. Ainsi, nous viserons à identifier quel(s) type(s) de savoir(s) est construit en classe, tout en essayant de comprendre s'il y a (ou non) des moments où certains élèves avec l'aide de l'enseignante ont tendance à s'inscrire dans un processus de problématisation. Et si oui, quelles sont les conditions qui ont favorisé l'émergence de ces moments ?

La méthodologie de recueil et d'analyse des données

Les données sur lesquelles nous menons nos analyses font partie d'un corpus plus large (Eltaief, 2023) qui a été recueilli dans le cadre de notre travail doctoral, où nous avons observé une séquence ordinaire de quatre séances portant sur la formation des chaînes de montagnes de collision et menée sous la responsabilité d'une enseignante expérimentée non familiarisée à la mise en œuvre de débats scientifiques. Les échanges traités dans notre communication, ont eu lieu durant la quatrième séance de la séquence ordinaire enregistrée. Elle correspond à une séance de cours qui est consacrée à l'étude du moteur de la subduction. Durant cette séance, l'enseignante propose aux élèves un exercice où il leur est demandé de calculer la densité de la lithosphère océanique en différentes zones : près de l'axe de la

dorsale et en s'éloignant de celui-ci (voir l'annexe présentant la fiche de travail sur le moteur de la subduction proposée par l'enseignante). A travers cet exercice, les élèves sont amenés à déduire que l'augmentation de la densité de la lithosphère océanique en s'éloignant de l'axe de la dorsale représente le moteur de la subduction.

Pour le recueil des données, nous disposons des enregistrements audio de la globalité des échanges qui ont eu lieu durant cette séance.

Concernant la méthodologie d'analyse des données, nous procéderons à une analyse épistémologico-langagière de notre corpus. Pour mener cette analyse, nous ferons un focus sur les reformulations des élèves et de l'enseignante (Grize, 1996) qui ont été produites en classe. En effet, la pratique de reformulation nous paraît fondamentale dans la construction des savoirs scientifiques. Elle correspond à une réflexion sur la mise en mots et elle accompagne une réinterprétation de la nature de l'activité scientifique (Jaubert et Rebière, 2001). Dans ce sens, la reformulation favorise l'élaboration d'une argumentation pour ou contre un énoncé déjà donné, encourage la confrontation des justifications produites, ou encore cherche à lever une ambiguïté en reprenant différemment l'énoncé, ce qui représente pour nous des moments favorables à la problématisation.

L'analyse épistémologico-langagière du corpus étudié

Dès le début des échanges (Tableau 1), l'enseignante cherche à travers l'affirmation émise en (1) de transmettre aux élèves que la limite thermique lithosphère – asthénosphère est à l'origine de l'augmentation de l'épaisseur de la lithosphère. L'usage de la conjonction qui exprime la cause « comme » le montre. A la fin de cette même intervention l'enseignante déplace le discours de l'épaisseur vers la densité de la lithosphère. L'usage des termes en rapport avec la densité dans sa question « Qu'est ce qui se passe s'il y a un matériel moins dense qui se retrouve au-dessus d'un matériel plus dense ? » le prouve.

Les propositions émises par les élèves pour répondre à cette question en (2) et en (4) sont rejetées par l'enseignante. Sa phrase formulée en (5) qui représente une répétition avec modification du propos de l'élève émis en (4), suivie par la proposition du modèle de glaçon le démontre. Par ce modèle ainsi que sa question posée en (5), l'enseignante essaye d'aider les élèves à trouver cette fois-ci la "bonne" réponse en reformulant sa question de départ posée en (1). A travers le terme « glaçon » l'enseignante raisonne par analogie en proposant une formulation équivalente à la « lithosphère » ou encore au « matériel moins dense » émis en (1), mais qui s'inscrit dans un langage moins spécifique. L'exemple du glaçon représente une verbalisation explicite qui peut permettre aux élèves de prendre en charge les questions de l'enseignante posées en (1) puis en (5) et de trouver la solution recherchée.

N° Inter	Interventions
1-enseignante	[...] comme la limite lithosphère-asthénosphère est une limite thermique [...] la baisse de température de la lithosphère là, lorsqu'on s'éloigne de la dorsale. [...] entraîne une augmentation de l'épaisseur du manteau lithosphérique. Alors, la croûte océanique est d'épaisseur constante [...] Je vais avoir au bilan lithosphère plus (+) partie supérieure du manteau supérieur. Tu vas avoir une épaisseur qui est plus épaisse [...] Et qu'est ce qui se passe s'il y a un matériel moins dense qui se retrouve au-dessus d'un matériel plus dense. Votre matériel qui est dessus il va, il va quoi faire ?
2-élève Lucie	Bouger
3-enseignante	Il va ?
4-élève Lucas	Se déplacer
5-enseignante	Alors, il peut se déplacer. [...] Si vous mettez du glaçon à la surface de l'eau, c'est vos glaçons, vont faire quoi ?
6-Plusieurs élèves	Couler
7-enseignante	Ils ne vont pas, hein, couler. S'ils sont moins denses, ils flottent. [...] Si j'ai une lithosphère plus dense que l'asthénosphère [...] Je vais avoir un enfoncement [...]

[7-13] : Calcul de la densité de la lithosphère océanique au point 1 (près de l'axe de la dorsale)

Tableau 1 : le premier extrait du corpus étudié

Par le propos émis en (7) « S'ils sont moins denses, ils flottent », l'enseignante donne cette fois-ci-là aux élèves la solution recherchée à sa question posée en (5).

Les différentes caractéristiques des premiers échanges entre élèves et enseignante montrent que la classe a fonctionné sur le registre d'un cours dialogué (Veyrunes, 2017). Ce format pédagogique, au contraire du débat scientifique, réduit les moments de négociations et de controverses en classe qui auraient pu peut-être avoir lieu et qui sont favorables à la construction de raisons scientifiques. Ainsi, nous pouvons dire à ce niveau-là que le moteur de la subduction est construit en classe comme un savoir solution, favorisant la production d'assertions qui relèvent du vrai et du juste, et qui ne devrait plus être énigmatique pour les élèves.

Dans la suite des échanges (Tableau 2), nous interprétons la question posée par l'enseignante en (13) comme une reformulation des questions déjà posées en (1) et (5) dont l'objectif est de vérifier si sa réponse donnée en (7), a été bien acquise ou non par les élèves. Elle cherche ici à consolider le savoir du moteur de la subduction donné par elle-même auparavant et à vérifier s'ils l'ont bien compris ou non.

13-enseignante	[...] si je calcule la densité [...] près de l'axe de la dorsale. Vous avez 3,06. Je vais comparer cette densité moyenne de la lithosphère à la densité connue de l'asthénosphère [...] c'est 3,25. Autrement dit, j'ai une valeur qui est inférieure à 3,25, à la densité qui est en dessous [...] Donc, à cet endroit-là au point numéro 1, votre lithosphère est ce qu'elle a tendance à flotter ou à s'enfoncer dans l'asthénosphère ?
----------------	--

Tableau 2 : le deuxième extrait du corpus étudié

Le dernier extrait du corpus (Tableau 3) est important dans notre étude car se joue à ce moment-là une bascule sporadique et fugace du régime de cours dialogué vers un régime favorable à la problématisation.

22-élève Lucas	Pourquoi déjà il y a plus de lithosphère, quand on s'éloigne de la dorsale ?
23-enseignante	Ici ?
24-élève Lucas	Oui
25-enseignante	Alors, je reprends
26-élève Lucas	Parce que c'est poussé non ?
27-enseignante	[...] L'isotherme est la ligne où vous avez la même température partout. Là, l'isotherme c'est l'isotherme 1300° et si tu veux c'est la limite entre la lithosphère et l'asthénosphère
28-élève Lucas	Ce qui fait la limite c'est la température. C'est pas la différence des roches ?
29-enseignante	Non. En fait, ici c'est du manteau, c'est la péridotite partout. En fait, simplement tout va avoir un comportement de roche différent si je suis à moins 1300°, je vais avoir un comportement plutôt rigide et cassant. Si je suis à 1300°, en fait c'est la limite au niveau de laquelle mon matériel va devenir ductile, où il va devenir élastique
30-élève Lucas	Oui

Tableau 3 : le troisième extrait du corpus étudié

Ainsi, par les questions posées en (22) et (28), l'élève Lucas a réussi à relancer en classe la raison pour laquelle il y a une augmentation de l'épaisseur de la lithosphère océanique qui a été donnée avant par l'enseignante en (1) et qui reste en apparence ambiguë pour lui. Ce qui intrigue l'élève ici c'est de savoir ce que signifie limite thermique et pourquoi elle est à l'origine de l'augmentation de l'épaisseur de la lithosphère océanique en s'éloignant de l'axe de la dorsale.

Dans cette étude, nous pouvons voir que l'enseignante cherche tout au long du corpus à présenter aux élèves le moteur de la subduction. Ce concept représente selon nous le but d'apprentissage défini par l'enseignante. Nous arrivons à cette déduction en remarquant que même si le moteur de subduction a été proposé par l'enseignante comme une solution, cette dernière a invité ensuite les élèves à faire une activité de calcul de la densité de la lithosphère océanique afin de vérifier si les élèves ont compris ou pas cette solution donnée. Pour que les élèves arrivent à comprendre le moteur de la subduction, l'enseignante met en relation ce concept visé principalement par elle, avec l'épaisseur de la lithosphère océanique qui augmente en s'éloignant de l'axe de la dorsale. Nous pensons que des concepts comme la limite thermique ou l'augmentation de l'épaisseur de la lithosphère océanique sont des concepts qui aident les élèves à comprendre le moteur de la subduction mais ne représentent pas en eux-mêmes l'objectif d'apprentissage défini par l'enseignante. Ils sont présentés par la professeure comme des solutions, sans que les élèves sachent ce que signifie limite thermique et pourquoi l'épaisseur de la lithosphère océanique augmente en s'éloignant de l'axe de la dorsale. Ceci pousse probablement un élève de la classe à poser les questions émises en (22) et (28) et qui représentent pour nous des moments potentiels de problématisation.

Discussion conclusive et perspectives

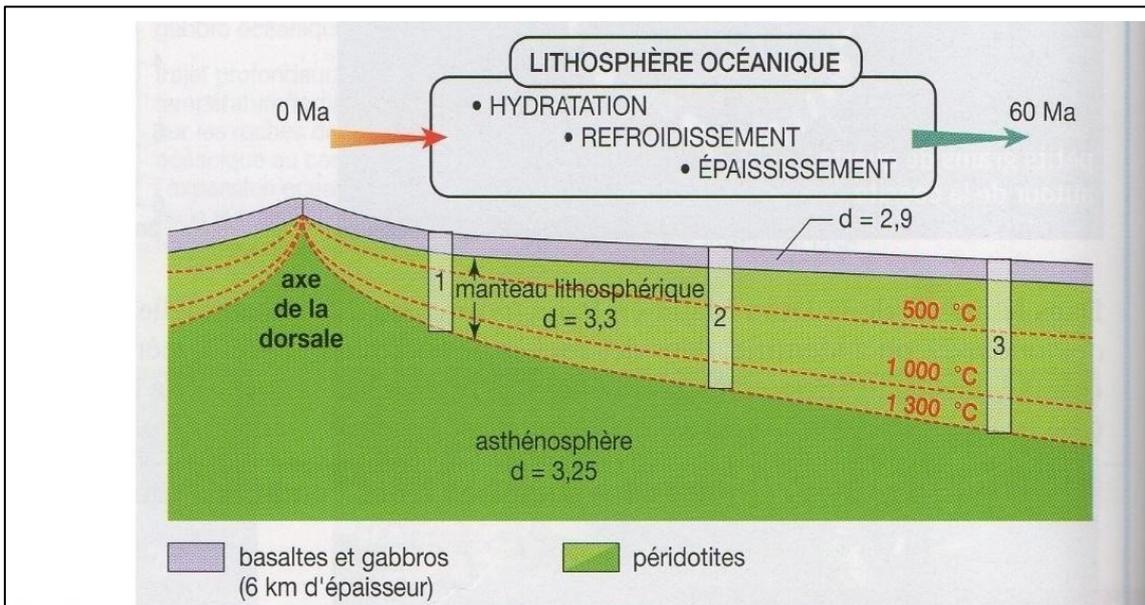
À travers cette étude, nous avons mis en évidence la présence de moments potentiels de problématisation dans la séance ordinaire observée. En faisant un focus sur le dispositif pédagogique mis en place en classe, nous avons pu remarquer que l'enseignante observée a conduit sa classe selon une pédagogie dialoguée. Dans ce cas, les élèves ne sont pas placés dans une démarche d'enquête qui leur permettrait de construire des savoirs problématisés puisque la solution leur est donnée d'emblée. Il en ressort que le format du dispositif d'enseignement choisi est d'une importance capitale pour la possibilité (ou pas) aux élèves

de poser un problème et de le construire. Ici, l'absence de débat réduit considérablement les moments de négociations et de controverses en classe qui auraient pu permettre aux élèves de mobiliser, dans le cadre de la tectonique des plaques, la contrainte de l'isotherme 1300°C et de construire la nécessité d'enfoncement de la lithosphère océanique par instabilité gravitationnelle. Certes, nous avons invité en amont l'enseignante à mettre en place un débat (afin d'obtenir des résultats les plus cohérents possible avec le cadre de la problématisation) mais notre étude montre pertinemment qu'il est difficile d'adopter des pratiques inhabituelles sans y être préparé. Il serait intéressant d'étudier prochainement les textes produits par les élèves dans la séquence ordinaire observée pour identifier dans quelle mesure les élèves ont pu néanmoins produire des arguments fondés en raison.

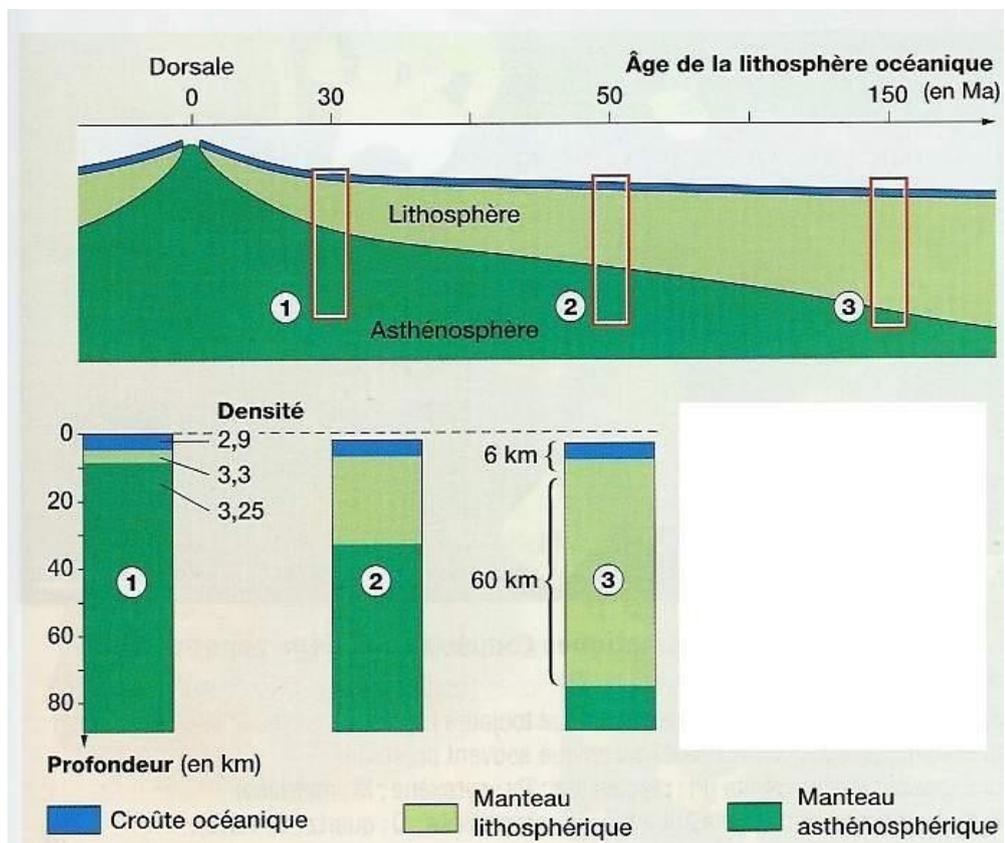
Bibliographie

- Eltaief, M. (2023). *Pratiques des savoirs, pratiques langagières et problématisation en sciences de la terre : le cas du problème de la formation des chaînes de montagnes de collision en terminale scientifique*. [Thèse de doctorat, Université de Bordeaux]. <https://www.theses.fr/269623353>
- Fabre, M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Paris : Vrin.
- Fabre, M. et Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- Grize, J.-B. (1996). *Logique naturelle et communication*. Paris : PUF.
- Jaubert, M., & Rebière, M. (2001). Pratiques de reformulation et construction des savoirs. *ASTER*, 33, 81-110.
- Jolivet, L. (2011). *Comment poussent les montagnes ?* Paris : Le Pommier.
- Lhoste, Y. (2017). *Epistémologie et didactique des SVT*. Bordeaux : Presses universitaires de Bordeaux.
- Orange, C. (2000). *Idées et raisons : Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. [Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'Éducation]. Université de Nantes.
- Orange Ravachol, D. (2003). *Utilisation du temps et explications en sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques*. [Thèse de doctorat, Université de Nantes]. <https://theses.hal.science/tel-00480254/document>
- Orange Ravachol, D. (2010). Problématisation fonctionnaliste et historique dans la construction de savoirs et les apprentissages en sciences de la terre et de la vie. Entre continuité phénoménale et discontinuité événementielle. [Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches]. Université de Nantes.
- Schneeberger, P. (2008). Travail langagier et construction de savoirs en sciences. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 20, 91-106.
- Veyrunes, P. (2017). *La classe : hier, aujourd'hui et demain ?* Presses universitaires du Midi, université Toulouse.
- Vygotski, L.S. (1934/1985). *Pensée et langage*. Paris : Editions sociales.

Annexe : Fiche de travail sur le moteur de la subduction



En vieillissant, la lithosphère océanique continue à se refroidir et s'épaissit.



Construction d'hypothèses sur la pollinisation croisée des plantes à fleurs : effets sur les élèves de l'usage d'une grille critériée

Claire Faidit^{1,2}, Corinne Marlot², Nathalie Younès¹

1 : Laboratoire Acté, Université Clermont Auvergne

2 : Haute École Pédagogique Vaud, Suisse

Résumé

Cette étude explore les effets de l'intégration de pratiques d'évaluation soutien d'apprentissage sur la mise en œuvre de l'Enseignement des Sciences Fondé sur l'Investigation. Elle examine plus spécifiquement les effets d'une grille critériée dans la réduction des difficultés liées à la construction d'hypothèses et la compréhension de la pollinisation croisée chez les plantes à fleurs par des élèves. Fondée sur un modèle d'évaluation, et la théorie de l'action conjointe en didactique, l'étude analyse des traces de l'activité et des enregistrements vidéo d'une séance destinée à des élèves en dernière année de primaire, élaborée en formation initiale et mise en œuvre par une étudiante. Cette communication met en lumière les effets contre-productifs d'un recueil de conceptions, suivis d'une certaine efficacité de la grille lorsqu'elle est introduite pour favoriser la production et le contrôle, par les élèves, de leurs hypothèses sur la pollinisation croisée.

Mots-Clés : Hypothèse ; Pollinisation croisée ; Évaluation soutien d'apprentissage ; Théorie de l'action conjointe en didactique.

Construction d'hypothèses sur la pollinisation croisée des plantes à fleurs : effets sur les élèves de l'usage d'une grille critériée

Construction d'hypothèses sur la pollinisation croisée des plantes à fleurs : effets sur les élèves de l'usage d'une grille critériée

Étude de cas d'une séance à l'école primaire en Suisse Romande

Introduction

Cette communication porte sur les défis persistants dans la mise en œuvre de l'Enseignement des Sciences Fondé sur l'Investigation (ESFI), en mettant particulièrement l'accent sur la réduction des obstacles associés à la construction d'hypothèses. Les élèves rencontrent des difficultés, notamment en raison de leur niveau de connaissances insuffisant dans le domaine étudié et de leur manque de compréhension du processus de production et de contrôle des hypothèses avant leur validation expérimentale (Cariou, 2015; Kuang et al., 2022; P. S. Oh, 2010). Dans le cadre d'une thèse en cours, cette étude explore les effets sur les élèves de l'usage d'une grille critériée (annexe 1) sur la construction d'hypothèses, visant à renforcer la participation des élèves dans le contrôle de leurs hypothèses. Elle examine également, comment cette grille, élaborée en formation initiale et mise en œuvre par une étudiant·e¹-enseignant·e débutant·e, influe sur la construction des savoirs concernant la pollinisation croisée chez les plantes à fleurs. Cette étude s'inscrit dans le courant des recherches menées sur l'intégration de l'Évaluation Soutien d'Apprentissage (ESA) dans l'ESFI (Ganajová et al., 2021; Grob et al., 2017; Lepareur et al., 2023; Lepareur & Grangeat, 2017; Rösenbeck et al., 2015).

Ancrage théorique et méthodologique

Notre recherche vise à décrire et à comprendre, les changements des élèves dans leurs manières de produire et contrôler leurs hypothèses sur la pollinisation croisée avant et après l'usage d'une grille critériée lors d'une séance mise en œuvre par une enseignante débutante. Afin d'analyser ces changements, nous articulons plusieurs outils théoriques et méthodologiques que nous présentons dans la suite de notre étude.

Le modèle de co-régulation pour appréhender les pratiques d'évaluation soutien d'apprentissage

Inscrite dans les pratiques quotidiennes de la classe, l'ESA met l'accent sur une implication accrue des élèves dans les processus évaluatifs (auto-évaluation, évaluation par les pairs, co-évaluation) en vue de favoriser une régulation (interactives, rétroactives et proactives) de leurs apprentissages (Allal & Laveault, 2009; Allal & Mottier Lopez, 2005; Panadero et al., 2018).

¹ Le féminin générique est appliqué à l'ensemble du document

Construction d'hypothèses sur la pollinisation croisée des plantes à fleurs : effets sur les élèves de l'usage d'une grille critériée

Nous mobilisons pour appréhender cette évaluation en tant que régulation interactives de l'apprentissage, le modèle de co-régulation de Allal (2015) qui postule une dialectique entre les processus d'autorégulation chez l'apprenant et les sources de régulation contextuelles liées à la situation d'enseignement-apprentissage, aux interactions entre les acteurs (enseignant.es et élèves) et aux outils utilisés, qui se matérialisent ici par l'usage d'une grille critériée.

Afin d'appréhender le rôle de cette grille critériée sur les régulations dans leur contexte didactique, nous articulons ce modèle de co-régulation avec celui de la théorie de l'action conjointe en didactique de Sensevy (2011).

TACD et la construction de significations partagées des savoirs et des pratiques de savoir

Cette théorie considère que les actions de l'enseignant.e et de l'élève sont conjointes. Cette approche place la notion de jeu didactique au cœur de sa modélisation. C'est le jeu du professeur sur le jeu des élèves qui progressivement va permettre l'élaboration de stratégies dites gagnantes, le gain étant représenté par l'acquisition de certains éléments de savoir et de pratiques de savoir² selon la clause « proprio motu », c'est à dire acquis par l'élève de son propre mouvement. Cette modélisation des interactions enseignant.e-élèves résonne pour nous avec les notions de co-régulation, développées dans l'ESA. Le cadre de la TACD nous paraît ainsi un cadre interprétatif épistémologiquement compatible avec celui de l'ESA (Lepareur et al., 2023). Pour analyser cette action conjointe, nous mobilisons le doublet contrat-milieu qui nous permet de modéliser une séance comme une succession de JA (jeux d'apprentissage) qui reflète un état du contrat et du milieu à un instant t qui sont mis en perspective avec un jeu épistémique source, qui modélise une version scolaire des savoirs et des pratiques de savoir des scientifiques (Sensevy, 2011).

L'objectif est de comprendre, à partir de l'analyse de la pratique effective et de sa parenté avec les pratiques scientifiques, la pertinence et les limites de l'usage d'une grille critériée dans la construction d'hypothèses sur la pollinisation croisée.

Modélisation de la construction d'hypothèses en classe

La comparaison de deux modèles de construction d'hypothèses en classe (Cariou, 2015; P. S. Oh, 2011; P.-S. Oh, 2008; P.-S. Oh & Oh, 2011) ainsi que d'un modèle de contrôle de la validité des productions (Morge & Boilevin, 2007), a conduit à la conceptualisation de la construction d'hypothèses en classe comme un processus impliquant la production et le contrôle d'hypothèses. Ce travail se déroule au cours de discussion en classe avant leur validation expérimentale, mobilisant divers critères de contrôle qui favorisent la sélection d'hypothèses cohérentes avec les connaissances visés, ainsi que la justification de ces choix.

² Nous considérons les savoirs et les pratiques de savoir comme insécables (Lhoste & Marlot, 2023; Perron et al., 2020) et déterminant dans l'acquisition d'une culture scientifique, pris comme des manières d'agir-parler-penser (Jaubert et al., 2003)

Questions de recherche

Ainsi, nous cherchons à répondre à la question suivante : sous la supervision d'une enseignante débutante, quels sont les effets sur les élèves de l'usage d'une grille critériée sur la conceptualisation de la pollinisation croisée des plantes à fleurs et sur la compréhension du processus de production et de contrôle des hypothèses en classe ? Autrement dit, comment l'enseignant·e et les élèves parviennent-ils progressivement (1) à travailler le même problème scientifique en jeu et (2) à contrôler de manière scientifique leurs hypothèses, en sélectionnant celles qui sont cohérentes avec les connaissances visées, tout en fournissant des arguments justifiés pour étayer ces choix ?

Méthodologie

Cette étude se focalise sur l'étude de cas (Passeron & Revel, 2020) d'une séance consacrée exclusivement à la construction d'hypothèses, dispensée par une enseignante débutante auprès d'élèves de dernière année de primaire dans le canton de Vaud, en Suisse. Les données comprennent des enregistrements vidéo intégralement transcrits, des traces de l'activité des élèves et de l'enseignante (fiche de préparation, schéma et texte des élèves). La procédure d'analyse se divise en deux temps. Dans un premier temps, en se basant sur la fiche de préparation, la transcription de la séance, et en tenant compte des prescriptions primaires (PER) et des recherches en didactique des sciences et en évaluation, une analyse de la pratique prévue et effective de l'enseignante est réalisée. Cette analyse permet d'identifier les objectifs d'apprentissage ainsi que les éventuels obstacles que les élèves pourraient rencontrer avant et après l'utilisation de la grille critériée. Dans un deuxième temps, nous analysons en établissant des liens entre des descriptions à différents niveaux de granularité (Sensevy, 2011), les apprentissages réellement construits par les élèves avant et après l'utilisation de la grille critériée. À l'échelle macroscopique, un synopsis de la séance est présenté (annexe 2), détaillant les changements de contrat et de milieu au cours de la séance afin de comprendre l'organisation de la progression des objets d'apprentissages dans le temps didactique et le contexte d'usage de cette grille. À l'échelle mésoscopique, nous analysons l'évolution des productions écrites et orales des élèves, autrement dit la construction des savoirs, en comparant les hypothèses initiales, intermédiaires et finales formulées par ces derniers. Enfin, à l'échelle microscopique, nous identifions des épisodes révélateurs de changements d'hypothèses chez les élèves, qualifiés de régulations épistémiques. Ces épisodes dévoilent également des changements de la part des élèves ou de l'enseignante dans la manière d'intervenir sur les hypothèses, impliquant parfois l'utilisation des critères de la grille, que nous qualifions de régulations épistémologiques.

Résultats et discussion

Avant l'introduction de la grille critériée, le premier temps d'analyse révèle que l'enseignante a mis en œuvre un « recueil de conceptions » (selon ses termes) sur la reproduction sexuée des plantes à fleurs. Ce dernier se révèle, au niveau méso et microscopique, comme contre-productif, entraînant un éloignement des élèves des apprentissages prévus. L'enseignante effectue aucune régulation épistémique quand les élèves font des hypothèses sur la reproduction asexuée ou sur les conditions de croissances des plantes à fleurs alors que la

séance porte sur la pollinisation croisée. Elle n'effectue pas non plus de régulation épistémologique pour discuter et contrôler les hypothèses des élèves alors qu'il s'agissait d'un des objectifs de la séance. L'étude rejoint des difficultés relevant de l'ESFI et/ou concernant l'usage du concept de conceptions en classe (Cross et al., 2019; Lhoste, 2017; Marlot & Morge, 2015; Orange & Ravachol, 2013).

L'utilisation de la grille critériée, dans différents contextes tel que l'auto-évaluation, l'évaluation mutuelle et la co-évaluation, a favorisé la production d'hypothèses sur la pollinisation croisée des plantes à fleurs par la majorité des élèves. L'analyse microscopique révèle des régulations épistémologiques, où tant des élèves que l'enseignante ont utilisé des critères et indicateurs de la grille (et d'autres également) pour discuter, argumenter et contrôler leurs hypothèses, afin de sélectionner les plus plausibles au regard de la situation didactique.

En résumé, cette étude met en lumière les effets contre-productifs d'un "recueil de conceptions" avant l'introduction de la grille critériée, cristallisant des difficultés liées à l'ESFI et à l'usage du concept de conceptions en classe. L'utilisation par les élèves d'une grille critériée, sous la supervision d'une enseignante, a facilité l'autorégulation et/ou la régulation entre pairs. Cela a permis aux élèves d'identifier un problème épistémiquement dense lié à la pollinisation croisée visé par l'enseignant.e et les a initiés à des pratiques de savoir partagés de contrôle de leurs hypothèses alignées sur les pratiques scientifiques scolaires. Bien que l'efficacité de cette grille critériée soit conditionnelle, elle semble dévoiler un potentiel pour le développement d'un guidage de qualité, élément crucial dans l'efficacité d'un Enseignement des Sciences Fondé sur l'Investigation (Perron et al., 2020, p. 200). Cependant, une étude ultérieure sera indispensable pour décrire en quoi cette grille, de sa conception à son usage, résiste aux "grilles universelles" et décontextualisées des acteurs et des situations, ainsi qu'aux potentielles dérives normatives et formelles (Pasquini, 2017; Younes & Faidit, 2018). Ce travail devra également spécifier d'un point de vue didactique, les restrictions inhérentes à l'utilisation de grilles critériées (Panadero & Jonsson, 2013, 2020). Selon nous, ces limites portent dans sa capacité à engager les élèves dans un apprentissage par problématisation (Chalak, 2012; Fabre & Orange, 1997; Lhoste, 2017).

Bibliographie

- Allal, L. (2015). Le rôle de la co-régulation dans des activités de production textuelle. *Lettrure*, 3, 1. <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:93562>
- Allal, L., & Laveault, D. (2009). Assessment for Learning : Évaluation-soutien d'apprentissage. *Mesure et évaluation en éducation*, 32(2), 99- 106. <https://doi.org/10.7202/1024956ar>
- Allal, L., & Mottier Lopez, L. (2005). *L'évaluation formative de l'apprentissage : Revue de publication en langue française* (p. 265- 290). OCDE.
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*, 21, 12- 33.
- Chalak, H. (2012). *Conditions didactiques et difficultés de construction de savoirs problématisés en sciences de la Terre : Étude de la mise en texte des savoirs et des pratiques enseignantes dans des séquences ordinaires et forcées concernant le magmatisme (college et lycée)*. [PhD Thesis]. Université de Nantes;-Université Saint-Joseph de Beyrouth.
- Cross, D., Farge, S., Lepareur, C., & Munier, V. (2019). Approcher les représentations

- socio-professionnelles des enseignants sur la notion de conception à partir de questions ouvertes : Apport de la linguistique et implications méthodologiques. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 20, Art. 20. <https://doi.org/10.4000/rdst.2681>
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 24(1), 37- 57. <https://doi.org/10.4267/2042/8668>
- Ganajová, M., Sotáková, I., Lukác, S., Ješková, Z., Jurková, V., & Orosová, R. (2021). Formative Assessment as a Tool to Enhance the Development of Inquiry Skills in Science Education. *Journal of Baltic Science Education*, 20(2), 204- 222. https://eric.ed.gov/?q=guided+inquiry+AND+biology+teaching&ff2=subBiology&ff1=dtySince_2021&id=EJ1298134
- Grob, R., Holmeier, M., & Labudde, P. (2017). Formative Assessment to Support Students' Competences in Inquiry-Based Science Education. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1673>
- Jaubert, M., Rebière, M., & Bernié, J.-P. (2003). L'hypothèse «communauté discursive» : D'où vient-elle? Où va-t-elle? *Les cahiers Théophile*. <https://docplayer.fr/136867292-L-hypothese-communautaire-discursive-d-ou-vient-elle-ou-va-t-elle.html>
- Kuang, X., Eysink, T. H. S., & de Jong, T. (2022). Effects of providing domain information on facilitating hypothesis generation in inquiry learning. *The Journal of Educational Research*, 0(0), 1- 12. <https://doi.org/10.1080/00220671.2022.2124219>
- Lepareur, C., & Grangeat, M. (2017). L'évaluation formative : Soutien à l'autorégulation des apprentissages dans les enseignements scientifiques ? In Cartier, Sylvie, C., & L. Mottier Lopez (Éds.), *Soutien à l'apprentissage autorégulé en contexte scolaire* (p. 183- 212). Presses de l'Université du Québec. <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-01657294>
- Lepareur, C., Marlot, C., & Ducrey Monnier, M. (2023). Analyse de pratiques d'évaluation des apprentissages en sciences dans le cadre de la démarche scientifique à l'école. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 27, Art. 27. <https://doi.org/10.4000/rdst.4594>
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT : Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Presses universitaires de Bordeaux.
- Lhoste, Y., & Marlot, C. (2023). *Processus de sémiologie dans un débat scientifique sur le concept d'articulation Analyse croisée du point de vue de deux cadres didactiques : L'insécabilité des modes d'agir-parler-penser ?*
- Marlot, C., & Morge, L. (2015). Des normes professionnelles à caractère doxique aux difficultés de mise en œuvre de séquences d'investigation en classe de sciences : Comprendre les déterminations de l'action. *Recherches en éducation*, 21, Art. 21. <https://doi.org/10.4000/ree.7555>
- Morge, L., & Boilevin, J.-M. (2007). Modélisation des séquences d'apprentissage par investigation issues de la recherche en didactique des sciences physiques. In L. Morge & J.-M. Boilevin, *Séquences d'investigation en physique—Chimie au collège*

- et au lycée* (p. 26- 52). SCEREN. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01066545>
- Oh, P. S. (2010). How can Teachers Help Students Formulate Scientific Hypotheses? Some Strategies Found in Abductive Inquiry Activities of Earth Science. *International Journal of Science Education*, 32(4), 541- 560. <https://doi.org/10.1080/09500690903104457>
- Oh, P. S. (2011). Characteristics of abductive inquiry in earth science : An undergraduate case study. *Science Education*, 95(3), 409- 430. <https://doi.org/10.1002/sce.20424>
- Oh, P.-S. (2008). Comparison of Hypotheses-Formation Processes between an Earth Scientist and Undergraduate Students : A Case Study about a Typhoon's Anomalous Path. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 28(6), 649- 663. <https://koreascience.kr/article/JAKO200817347315512.page>
- Oh, P.-S., & Oh, S.-J. (2011). A Study on the Processes of Elaborating Hypotheses in Abductive Inquiry of Preservice Elementary School Teachers. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 31(1), 128- 142. <https://doi.org/10.14697/jkase.2011.31.1.128>
- Orange, C., & Ravachol, D. O. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : Sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en éducation*, 17, Art. 17. <https://doi.org/10.4000/ree.7934>
- Panadero, E., Andrade, H., & Brookhart, S. (2018). Fusing self-regulated learning and formative assessment : A roadmap of where we are, how we got here, and where we are going. *Australian Educational Researcher*, 45, 13- 31. <https://doi.org/10.1007/s13384-018-0258-y>
- Panadero, E., & Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited : A review. *Educational Research Review*, 9, 129- 144. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.002>
- Panadero, E., & Jonsson, A. (2020). A critical review of the arguments against the use of rubrics. *Educational Research Review*, 30, 100329. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100329>
- Pasquini, R. (2017). Evaluation : Première question vive de la pratique. *Educateur (L')*, 4, 38- 39. <https://orfee.hepl.ch/handle/20.500.12162/1604>
- Passeron, J.-C., & Revel, J. (2020). Penser par cas. Raisonner à partir de singularités. In *Penser par cas* (p. 9- 44). Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales. <https://doi.org/10.4000/books.editionsehess.19921>
- Perron, S., Hasni, A., & Boilevin, J.-M. (2020). L'absence de savoir conceptuel lors de démarches d'investigation scientifique mises en œuvre en classe : Une crainte devenue réalité ? *Recherches en éducation*, 42. <https://doi.org/10.4000/ree.1643>
- Röennebeck, S., Ropohl, M., & Bernholt, S. (2015). Formative assessment in inquiry-based science education—An extensive systematic literature review. *Science Education Research: Engaging Learners for a Sustainable Future*, 11, 1702- 1713.
- Younes, N., & Faidit, C. (2018). *Entre référentialisation et subjectivation Dynamiques évaluatives dans une recherche collaborative sur les pratiques évaluatives d'enseignants du second degré en France*. L'évaluation en éducation et en formation face aux transformations des sociétés contemporaines, 30ème colloque de l'ADMEE-Europe. <https://hal.science/hal-01683974>

Annexes

Annexe 1 : Grille critériée élaborée en formation initiale par des étudiant.es

Annexe 2 : Synopsis de la séance

Phases	Jeux d'apprentissage (JA) et durée
Phase avant l'usage de la grille critériée : « Recueil des conceptions » des élèves sur la reproduction sexuée	JA.1 (3 min) : En collectif, faire remobiliser les connaissances antérieures des élèves sur les premières étapes de la vie d'une plante à fleurs (germination et croissance) et les représenter par un schéma au tableau.
	JA.2 (12 min) : En binôme, faire produire des hypothèses aux élèves sur la suite des étapes de la vie des plantes à fleurs en réalisant un schéma qui s'appuie sur le schéma au tableau.
	JA.3 (8 min) : En collectif, faire présenter aux élèves leurs productions écrites affichées au tableau, les catégoriser pour introduire le concept de fleurs et de reproduction des plantes à fleurs.
Phase après l'usage de la grille critériée : production et contrôle des hypothèses sur la pollinisation croisée.	JA.4. (10 min) : En collectif, légèder le schéma d'une fleur pour identifier les organes sexuels (ovaire, étamine) et les structures reproductrices (ovules, spermatozoïdes) en mobilisant un raisonnement analogique avec la reproduction animale.
	JA.5 (13 min) : En collectif, faire relier aux élèves les critères et les indicateurs de la recevabilité d'une hypothèse de manière à reconstituer la grille d'auto-évaluation.
	JA.6 (10 min): En individuel, faire écrire aux élèves une proposition recevable sur la reproduction sexuée des plantes à fleurs et leur faire évaluer sa recevabilité à l'aide d'une grille d'auto-évaluation.
	JA.7 (20 min) : En groupe, faire confronter aux élèves leurs hypothèses (évaluation par les pairs) afin de choisir « la meilleure » à indiquer sur une affiche.
	JA.8 (13 min) : En collectif, faire évaluer et argumenter par les élèves la recevabilité des propositions de chaque groupe à partir des critères et indicateurs de la grille

Impact de pauses métacognitives sur le développement de la pensée critique chez les élèves du secondaire en Belgique francophone : une approche dans l'enseignement des sciences

Jerôme Kariger¹, Myriam De Kesel¹

1 : Université Catholique de Louvain, Laboratoire de Didactique des Sciences

Résumé

Suite à une enquête menée auprès d'enseignants en Belgique francophone, une recherche exploratoire a été menée durant cinq semaines dans un établissement scolaire avec 32 élèves de 14 à 18 ans. L'objectif était d'analyser l'impact de pauses métacognitives sur le développement de compétences liées à la pensée critique des élèves lors d'une séquence d'apprentissage en physique des fluides basée sur l'investigation (ESFI). Des activités de difficulté croissante ont été menées dans trois classes et des pauses métacognitives ont été intégrées dans deux des trois classes. L'influence de l'intégration de ces pauses sur le développement de compétences critiques a été mesurée grâce à des pré-tests et post-tests, utilisant le Cornell Critical Thinking Test (CCTT) et lors d'une activité de transfert. Bien que l'étude n'ait pas démontré une amélioration globale significative de la pensée critique, elle a souligné l'impact différencié des pauses métacognitives chez les élèves selon leurs performances. La recherche recommande des ajustements des questions métacognitives, une variété dans les méthodes d'apprentissage et une attention à la lassitude des élèves.

Mots-Clés : Pensée critique ; Démarche d'investigation ; Métacognition ; Sciences.

Impact de pauses métacognitives sur le développement de la pensée critique chez les élèves du secondaire en Belgique francophone : une approche dans l'enseignement des sciences

Problématique

La pensée critique est une compétence essentielle pour distinguer les faits des opinions, faire face aux fake news, et répondre aux exigences du XXI^e siècle (Domenjoz, 2018 ; Pereira, 2019). Cependant, son développement reste limité dans les pays francophones, et notamment en Belgique francophone, dans le cadre des cours de sciences (Feuerstein cité dans Fastrez et Philippette, 2017).

Une enquête menée auprès d'enseignants en Belgique francophone en 2020, a révélé que la majorité d'entre eux considère la pensée critique comme essentielle, mais seulement une minorité estime que leurs élèves la pratiquent régulièrement. Les enseignants qui favorisent la pensée critique le font généralement de manière informelle en introduisant des questions socio-scientifiques dans leurs cours. Il nous semble nécessaire de formaliser cette approche pour que chaque élève puisse développer cette compétence, indépendamment de la motivation de l'enseignant. Ainsi, se pose la question de la manière de favoriser son développement de manière plus formelle et de rendre les élèves capables de transférer ces compétences dans leur vie de tous les jours.

Pour répondre à cette préoccupation, la recherche s'est concentrée sur deux axes : la didactique de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation (ESFI) et l'incorporation d'activités métacognitives.

Cadre théorique

Le cadre théorique de cette recherche aborde trois concepts essentiels : la pensée critique, l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI), et la métacognition. La pensée critique est définie comme une posture intellectuelle associée à des capacités telles que l'analyse réflexive, la capacité à évaluer et améliorer la pensée, ainsi que la dynamique de décentration et d'articulation de points de vue sur un sujet complexe (Boisvert, 2015 ; Paul et Elder, 2008 ; Ennis, 2015). Le développement de la pensée critique est étroitement lié à une méthode socioconstructiviste incluant des étapes d'observation, d'explication, d'évaluation, d'argumentation et de création. C'est précisément durant ces étapes que les capacités spécifiques telles que l'induction, la déduction et la formulation d'hypothèses sont travaillées (Ennis, 2015 ; Paul, Binker, Martin et Adamson, 1989 ; Gagnon, 2008).

A cet égard, l'ESFI qui est une méthode d'enseignement des sciences qui encourage les élèves à s'interroger, formuler des hypothèses, observer, déduire, et argumenter, pourrait y contribuer. Elle implique des tâches ouvertes qui développe l'engagement et l'autonomie des élèves (Bächtold, 2012 ; Boilevin, 2013 ; Venturini et Tiberghien ; 2012). La démarche d'investigation (DI) peut être envisagée selon différentes approches, dont la DI constructiviste qui se base sur les représentations initiales des élèves (Verhaeghe, Wolfs, Simon et Compere, 2004).

Enfin, ce cadre traite de la métacognition, c'est-à-dire la réflexion sur ses propres processus de pensée, qui réunit donc la connaissance de ses propres processus cognitifs et l'application de stratégies pour les réguler. Les actions métacognitives incluent les jugements métacognitifs, la

description de stratégies, et la justification des stratégies. Les pauses métacognitives peuvent structurer ces démarches en explicitant, analysant, et abstrayant les processus (Noël et Leclercq, 2011 ; Colognesi et Van Nieuwenhoven, 2016). La métacognition s'avère essentielle pour prendre conscience des conceptions initiales des apprenants et les déconstruire. Plusieurs études ont montré que la métacognition est liée au développement de la pensée critique et jouerait un rôle essentiel dans son développement (Pallascio, Benny et Patry cités dans Broyon, 2006) mais aucune n'a exploré ce lien spécifiquement.

Au regard de ce cadre théorique, la question de recherche suivante a été posée : Dans le contexte spécifique de l'ESFI avec des élèves de 14-15 ans, quels sont les effets de la mise en œuvre de pauses métacognitives sur le développement de compétences relatives à la pensée critique ?

Méthodologie

L'étude se déroule dans une école de la Fédération Wallonie-Bruxelles, avec un enseignant-chercheur et une enseignante en stage. La recherche se concentre sur cinq semaines de stage, pendant lesquelles la future enseignante dispense des cours de physique des fluides à trois classes d'élèves de 14 à 18 ans.

Le dispositif didactique, testé avec des variables différentes entre les classes (voir ci-dessous), comporte des prétests et post-tests basés sur le Cornell Critical Thinking Test (CCTT) pour évaluer la pensée critique. Ce test repose sur un questionnaire à choix multiples évaluant des sous-compétences de la pensée critique. Une durée de quatre semaines doit être respectée pour soumettre le CCTT en pré- et post-test. Le CCTT est basé sur une analyse de documents à lire, ce mode d'évaluation peut être source de difficultés pour les élèves. Il convient d'en tenir compte lors de l'analyse. Le dispositif didactique inclut également un exercice de transfert, une démarche d'investigation complexe et innovante réalisée en classe et évaluée conjointement par le maître de stage et l'étudiante stagiaire, et un questionnaire d'évaluation a posteriori. Les séquences d'enseignement impliquent cinq démarches d'investigation (DI) successives sur la poussée d'Archimède, conçues pour augmenter en complexité, avec des moments de pause métacognitive ou non.

Trois groupes sont formés : le groupe contrôle (A) sans pauses métacognitives, le groupe « Hypothèse-Interprétation » (B) avec des pauses métacognitives lors de l'émission d'hypothèses et de l'interprétation, et le groupe « Recherche » (C) avec des pauses métacognitives pendant la recherche d'informations. Le déroulement de la recherche est synthétisé dans le tableau 1.

	Nombre d'élèves	Pré-test CCTT	5 DI			DI de transfert « La maison volante »	Évaluation globale des connaissances liées au chapitre de physique	Évaluation du dispositif à posteriori et post-test CCTT
			Pas de pause métacognitive	5 pauses métacognitives « Hypothèses » et 5 pauses métacognitives « interprétation »	5 pauses métacognitives « Recherche »			
Groupe classe A	13	X	X			X	X	X

Groupe classe B	9	X		X		X	X	X
Groupe classe C	10	X			X	X	X	X

Tableau 1 : Déroulement du dispositif didactique et des groupes participant à la recherche

Les pauses métacognitives ont été structurées par deux questions : « Qu'est-ce que je sais déjà ? » et « Comment atteindre mon objectif ? ». Les élèves devaient répondre à ces questions par écrit et discuter ensuite en groupe. Ces traces écrites ont été analysées par les deux enseignants afin d'y repérer l'évolution de l'expression écrite au cours du dispositif (le nombre de mots écrits ou encore l'emploi de termes précis faisant référence à des connaissances antérieures).

Les hypothèses formulées prévoient que le groupe B aurait des scores plus élevés dans les sous-catégories du CCTT « Hypothèses », « Induction » et « Déduction », que le groupe C obtiendrait de meilleurs résultats dans les sous-catégories du CCTT « Observation » et « Crédibilité », et que le groupe B réussirait mieux dans l'évaluation globale de la DI que les deux autres groupes.

Résultats

Les résultats de cette recherche sont présentés en quatre sections principales.

Analyse quantitative et qualitative des effets du dispositif sur les résultats au CCTT

Le CCTT a été utilisé pour évaluer la pensée critique des élèves avant et après l'application du dispositif. Les résultats globaux montrent une amélioration légère mais non significative, même lorsque les données ont été analysées pour chaque groupe expérimental (A, B, C). Les pauses métacognitives n'ont pas influencé les sous-compétences du CCTT, et le nombre de pauses n'a pas montré de corrélation significative avec l'évolution des scores.

Cependant, une analyse plus fine révèle des résultats contrastés chez les élèves « moins performants » et « plus performants ». Pour les premiers, le nombre de pauses métacognitives est associé négativement à l'évolution de la sous-compétence « déduction », tandis que pour les seconds, cette association est positive (coefficient de Spearman, $r_s=,800$, $p=,017$). Les observations qualitatives soulignent que les élèves performant le mieux verbalisent davantage lors des pauses métacognitives.

Influence des pauses métacognitives sur la capacité de transfert

La relation entre le nombre de pauses métacognitives et les performances des élèves lors d'une tâche de transfert, « La maison volante » a été étudiée. Une corrélation significative entre le nombre de pauses métacognitives et les résultats de cette tâche a été constatée (corrélation de Pearson moyennement forte ; $r=,456$, $p=,009$). Le nombre de pauses métacognitives a également favoriser l'appropriation des questions métacognitives par les élèves.

Analyse qualitative des écrits collectés lors des pauses métacognitives

L'analyse qualitative des écrits collectés pendant les pauses métacognitives révèle une évolution dans la qualité réflexive des réponses des élèves. Les pauses métacognitives semblent influencer plus favorablement la verbalisation des hypothèses et des interprétations que la phase de recherche d'informations.

Appropriation du dispositif par les élèves

Les élèves ont été interrogés sur leur perception du dispositif, grâce à un questionnaire en ligne soumis en classe et anonymement. Une majorité a trouvé utile la mise en place des pauses métacognitives pour structurer leur pensée. Cependant, ils ont noté des difficultés à les initier de manière autonome.

Discussion et conclusion

La recherche exploratoire avait pour objectif d'examiner l'impact des pauses métacognitives sur le développement des compétences critiques dans le contexte de la démarche d'investigation (DI). Les résultats suggèrent que le nombre de pauses métacognitives n'a pas influencé l'évolution du score global de la pensée critique évaluée dans le CCTT. Cependant, lors de l'analyse plus fine, on constate que le nombre de pauses métacognitives est lié aux sous-compétences évaluées dans le CCTT et aux performances des élèves, en particulier les moins performants et les plus performants.

Plus précisément, les pauses métacognitives sont corrélées positivement avec la compétence de déduction pour les élèves les plus performants et négativement pour les moins performants. Cette divergence suggère que la démarche n'a pas amélioré les compétences critiques de l'ensemble des élèves, mais a renforcé les différences existantes. Les élèves les plus performants semblent bénéficier davantage de ces pauses, peut-être parce qu'ils écrivent davantage lors des pauses, reflétant ainsi une plus grande réflexion. L'attention portée par l'enseignant et le dispositif sur le raisonnement déductif peuvent expliquer cette corrélation. Pour les élèves moins performants, la démarche de pauses métacognitives peut être trop exigeante, car ils ont des difficultés d'apprentissage plus importantes. Ils peuvent ne pas être en mesure de déconstruire leurs préconceptions ou de posséder les connaissances nécessaires pour développer la compétence de déduction (Dehaene, 2012).

Les résultats de la tâche « La maison volante » sont associés positivement avec le nombre de pauses métacognitives ; cette observation confirme les hypothèses. En effet, les élèves du groupe ayant eu deux pauses métacognitives lors de chaque DI verbalisaient plus facilement certains prompts métacognitifs lors de cette tâche. Deux pauses métacognitives pendant chaque DI sembleraient donc suffisantes et bénéfiques pour que les élèves puissent transférer leurs compétences réflexives lors de nouvelles activités, sans intervention de l'enseignant. Il convient de continuer à étayer nos propos en menant d'autres recherches et ce, afin de déterminer quel(s) facteur(s) influence(nt) davantage ce résultat (le nombre de pauses, le moment de la pause ou encore la qualité de la pause métacognitive).

Les résultats montrent également que le nombre de pauses métacognitives n'a pas influencé les résultats de la tâche de transfert, suggérant que cette tâche était trop éloignée des situations d'entraînement de la DI.

La recherche a également souligné que la lassitude peut survenir chez les élèves lors de la mise en œuvre de pauses métacognitives, ce qui est cohérent avec d'autres recherches (Berger, Kipfer et Büchel, 2012) mais qu'elle peut être atténuée en améliorant la formulation des questions et en diversifiant les supports de collecte afin de favoriser la production langagière des élèves.

Il est recommandé de répéter les pauses métacognitives pour favoriser leur automatisation et leur apprentissage. Les futurs dispositifs devraient prendre en compte la variété des actions métacognitives des élèves, ainsi que la nécessité de les informer sur les différentes formes que peuvent prendre ces actions pour les rendre plus conscients de leurs outils cognitifs.

Il est important de noter que l'étude a des limites, notamment la taille de l'échantillon, la durée du dispositif, et la collecte de traces écrites uniquement. Les hypothèses générales formulées n'ont pas été confirmées, mais l'idée que deux pauses métacognitives par DI peuvent être bénéfiques est soutenue par les observations. Les futurs dispositifs devraient améliorer la formulation des questions, encourager la créativité des élèves, et varier les supports de collecte des traces.

En conclusion, bien que les résultats globaux du CCTT n'aient pas montré d'amélioration significative de la pensée critique via l'utilisation de pauses métacognitives, des nuances apparaissent chez les élèves moins performants et plus performants. Ces pauses ont eu un impact positif et significatif sur la capacité de transfert, en particulier pour les élèves ayant de meilleurs résultats. Les résultats mettent en évidence des corrélations entre le nombre de pauses métacognitives et les performances des élèves, en particulier pour les élèves les moins performants et les plus performants. Les observations qualitatives suggèrent que le dispositif a influencé la qualité réflexive des élèves. Les élèves ont généralement bien accueilli ces pauses, mais ont besoin d'un soutien continu pour les initier de manière autonome. Enfin, des améliorations sont nécessaires, notamment pour lutter contre la lassitude des élèves ; il est recommandé de mener des pauses métacognitives sur une période plus longue, de les améliorer en encourageant la créativité des élèves, et de varier les formes de partage d'idées. Les résultats et les observations soulignent l'importance de poursuivre la recherche dans ce domaine.

Bibliographie

- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 7-39.
- Berger, J.-L., Kipfer, N. & Büchel, F. (2012). Des effets d'un entraînement métacognitif sur les stratégies et les performances en compréhension de texte chez des adolescents présentant de sévères difficultés d'apprentissage. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 15(2), 119- 146.
- Boilevin, J.-M. (2013). La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. In M. Grangeat (Ed.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation* (pp.27-53). Presses universitaires de Grenoble. https://www.researchgate.net/profile/Jean-Marie-Boilevin/publication/313477269_La_place_des_demarches_d'investigation_dans_l'enseignement_des_sciences/links/589c1903a6fdcc7541743a34/La-place-des-demarches-dinvestigation-dans-lenseignement-des-sciences.pdf

- Boisvert, J. (2015). Pensée critique : définition, illustration, applications. *Revue québécoise de psychologie*, 36(1), 3-33.
- Broyon, M. A. (2006). Métacognition, cultures et pensée réflexive : applications de la recherche dans la formation des enseignants. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 4, 105- 119.
- Colognesi, S. & Van Nieuwenhoven, C. (2016). La métacognition comme tremplin pour l'apprentissage de l'écriture. In S. Cartier & B. Noël (Eds.), *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé* (pp.111-126). De Boeck. https://www.researchgate.net/profile/Stephane-Colognesi/publication/308477665_La_metacognition_comme_tremplin_pour_l'apprentissage_de_l'ecriture/links/5a329bc5458515afb65b2731/La-metacognition-comme-tremplin-pour-l'apprentissage-de-lecriture.pdf
- Dehaene, S. (2012). *Les grands principes de l'apprentissage*. <https://www.college-de-france.fr/agenda/colloque/sciences-cognitives-et-education/les-grands-principes-de-apprentissage> (consulté le 21 février 2023).
- Domenjoz, J.-C. (2018). La nécessité de l'éducation aux médias démontrée par un film documentaire [WordPress]. *Éducation aux médias et à l'information*. <https://educationauxmedias.ch/necessite-de-education-aux-medias-demontree-par-un-film-documentaire/> (consulté le 25 septembre 2022).
- Ennis, R. (2015). *The Nature of Critical Thinking: Outlines of General Critical Thinking Dispositions and Abilities*. <http://criticalthinking.net/wp-content/uploads/2018/01/The-Nature-of-Critical-Thinking.pdf> (consulté le 25 septembre 2022).
- Fastrez, P. & Philippette, T. (2017). Un modèle pour repenser l'éducation critique aux médias à l'ère du numérique. *TIC & société*, 11(1), 85-110.
- Gagnon, M. (2008). *Étude sur la transversalité de la pensée critique comme compétence en éducation : entre « science et technologie », histoire et philosophie au secondaire* [Thèse de doctorat]. Université Laval.
- Noël, B. & Leclercq, D. (2011). Comment développer des capacités cognitives et métacognitives ? In P. Parmentier (Ed.) *Recherches et actions en faveur de la réussite en première année universitaire. Vingt ans de collaboration dans la Commission « Réussite » du Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique* (pp.55-60). CIUF.
- Paul, R., Binker, A. J. A., Martin, D. & Adamson, K. (1989). *Critical Thinking Handbook: High School. A Guide for Redesigning Instruction*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED325805.pdf> (consulté le 25 septembre 2022).
- Paul, R. & Elder, L. (2008). *The miniature guide to critical thinking concepts and tools*. <https://epdf.pub/the-miniature-guide-to-critical-thinking-concepts-and-tools.html> (consulté le 25 septembre 2022).
- Pereira, I. (2019). *Irène Pereira : Les pédagogies critiques* [Le café pédagogique]. <http://www.cafepedagogique.net/lexpresso/Pages/2019/02/08022019Article636852082485856246.aspx> (consulté le 25 septembre 2022).
- Venturini, P. & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue française de pédagogie*, 180, 95-120.
- Verhaeghe, J.-C., Wolfs, J.-L., Simon, X. & Compere, D. (2004). *Pratiquer l'épistémologie*. De Boeck.

Modèle précurseur des transformations chimiques de la matière : mise à l'épreuve avec des élèves de cycle 3

Isabelle Kermen¹, Muriel Blat¹

1 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique, Université de Brest, Université de Rennes 2

Résumé

Un modèle précurseur des transformations chimiques de la matière, comportant trois aspects, a été établi à partir d'une revue de littérature et d'une étude préalable. L'objectif de l'étude est de déterminer dans quelle mesure des élèves, sur un exemple, sont capables d'identifier des propriétés chimiques d'une substance et de les utiliser ensuite. Des élèves de CM2 en France ont été interrogés en entretien individuel via un parcours composé d'expériences et de questions. Les analyses des transcriptions montrent qu'une majorité de ces élèves parvient à identifier les propriétés et qu'un certain nombre réussit à les utiliser. Ces deux aspects, les deux premiers du modèle précurseur, ne garantissent pas l'idée de transformation d'une substance qui constitue le troisième aspect du modèle. Ce résultat confirme, en accord avec la littérature, que l'idée de transformation d'une substance, au cœur de la notion de transformation chimique, est difficile à appréhender pour de jeunes élèves.

Mots-Clés : École primaire ; Transformation chimique ; Substance ; Propriétés chimiques ; Modèle précurseur.

Modèle précurseur des transformations chimiques de la matière : mise à l'épreuve avec des élèves de cycle 3

Introduction

Cette communication présente les résultats d'une étude menée auprès d'élèves de fin d'école élémentaire visant à interroger la pertinence d'un modèle précurseur (Weil-Barais, 2022) des transformations chimiques.

Fondements théoriques

Modèle en sciences, modèle précurseur et concepts

Un modèle scientifique scolaire résulte d'une transposition didactique d'un modèle scientifique (Adúriz-Bravo, 2013) tenant compte des objectifs des concepteurs et des capacités cognitives des élèves. Comme ce dernier, il est constitué d'un réseau de concepts en relation les uns avec les autres (Johsua, 1994) et remplit généralement les mêmes fonctions : représenter, expliquer ou interpréter, prévoir (Van Driel & Verloop, 2002). Un modèle précurseur est un modèle scientifique scolaire élémentaire, précurseur au plan du développement cognitif et constitue une création didactique (Weil-Barais & Lemeignan, 1994) visant à faire construire des concepts différents des concepts quotidiens (Vygotski, 1997). En appui sur Vergnaud (1987), Weil-Barais (2022) considère qu'un concept peut être vu comme relatif à une classe de situations pour lesquelles il est pertinent, constitué d'invariants opératoires et communicable par un langage et des systèmes symboliques (les signifiants). Un invariant opératoire typique est un théorème-en-acte, à savoir une proposition tenue pour vraie qui oriente l'action (Vergnaud, 2007). Delsérieys et al. (2022) définissent un modèle précurseur comme un système de relations entre objets conceptuels qui sont à développer graduellement à partir des idées naïves des élèves. Ainsi présenté le modèle constitue un guide pour organiser des interventions didactiques spécifiques autour d'un ou deux objectifs-obstacles (Martinand, 1986 cité par Ravanis, 2000) pour accéder au système de relations visé, sur un temps long.

Un modèle précurseur des transformations chimiques de la matière

Une transformation de la matière est dite chimique s'il y a modification de substances entre deux états du système (Johnson & Papageorgiou, 2010). Les élèves (vers 9 ans) sont capables d'identifier des propriétés indépendantes de la taille de l'échantillon, des propriétés intensives (Krnél et al., 2005) comme les propriétés chimiques. En fin d'école primaire ils peuvent reconnaître les changements de forme de la matière résultant de mélanges, de changements d'état physique ou de transformations chimiques (Hatzinikita & Koulaïdis, 1998) mais expriment souvent ce qu'ils voient avec des termes incorrects d'un point de vue chimique (Rahayu & Tytler, 1999). L'idée de transformation des substances paraît accessible avant celle d'interaction entre substances (Rahayu & Tytler, 1999). Cependant

Johnson (2000) considère que l'idée que des substances puissent se transformer en d'autres substances est étrangère aux élèves de fin d'école primaire.

En appui sur ces résultats de littérature un modèle précurseur des transformations chimiques (9-12 ans) a été postulé et une étude exploratoire (Kermen, soumis) a été menée avec 6 élèves d'une classe de CM1. Ils ont été interrogés en entretien individuel pour repérer leurs réactions lors d'un parcours conceptuel similaire à celui de la présente étude (voir la méthodologie à suivre). Les résultats obtenus ont permis d'affiner le premier des trois aspects du modèle précurseur postulé. Ce dernier peut s'exprimer de la façon suivante :

A1. Une substance est caractérisée par ses propriétés chimiques, qui correspondent à ses relations aux autres substances. Le contact d'une substance (ou d'un type de matière) avec une autre substance (type de matière) désignées par leur nom conduit à un résultat reproductible, quelle que soit la forme des échantillons en présence ; ceci décrit une propriété chimique.

A2. Les propriétés chimiques d'une substance sont des outils pour la reconnaître.

A3. Une substance mise au contact d'une autre substance (ou d'un autre type de matière) peut se transformer en une autre substance.

Problématique

Un modèle précurseur est accessible cognitivement aux élèves s'il est possible de prendre appui sur les idées des élèves pour les faire accéder aux concepts ou relations visés (Delsérieys et al., 2018). Les phénomènes chimiques font peu partie de la vie quotidienne, les représentations spontanées des élèves de fin d'école relatives aux propriétés des substances sont peu documentées. Dans le but de proposer à terme des éléments pour favoriser la construction de séquences par les enseignants, il paraît nécessaire de circonscrire les idées et représentations des élèves d'une part et de tester la pertinence de certaines tâches présentées aux élèves d'autre part. En appui sur le modèle présenté précédemment et sur une étude réalisée en classe de sixième (Talenti et al., 2023), un parcours conceptuel alliant expériences et questionnements a été conçu pour être testé avec des élèves en entretien individuel. Les questions de recherche sont alors :

QR1 Dans quelle mesure, sur un exemple, les élèves parviennent-ils à identifier des propriétés chimiques d'une substance ? Cette question explore l'aspect A1 du modèle précurseur.

QR2 Dans quelle mesure, sur un exemple, les élèves parviennent-ils à utiliser les propriétés chimiques d'une substance pour l'identifier ? Cette utilisation constituerait une manifestation d'un théorème en acte et correspond à l'aspect A2 du modèle précurseur.

Méthodologie

Guide d'entretien

En appui sur une précédente étude (Talenti et al., 2023), il a été décidé de faire comparer aux élèves deux phénomènes débutant de la même façon (mise en contact d'un solide, le bicarbonate de sodium, et d'un liquide, eau ou vinaigre), au déroulement différent (nécessité

d'agiter contre formation immédiate de bulles) et aboutissant à un système final (mélange) ayant le même aspect perceptif (un liquide incolore), à savoir une dissolution et une transformation chimique.

Le guide d'entretien alterne entre observations, prévisions, descriptions (figure 1). Les mises en contact sont réalisées en direct devant l'élève, les autres expériences sont montrées sur des vidéos préalablement conçues par nos soins¹. Les deux dernières vidéos montrent l'effet d'un ajout d'eau et de vinaigre sur les solides récupérés après séparation des mélanges.

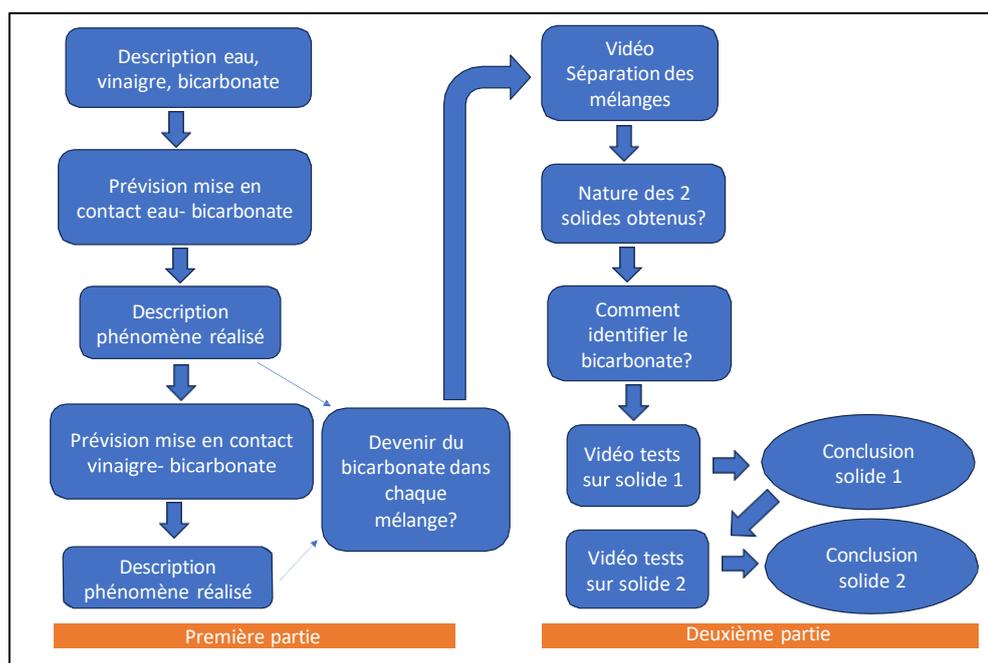


Figure 1 : grandes étapes du guide d'entretien

La première partie de l'entretien vise à faire naître l'idée de propriétés attachées à la substance bicarbonate. La seconde partie ambitionne de faire utiliser ces propriétés pour identifier les solides récupérés (bicarbonate ou non) qui sont montrés à l'élève.

Recueil de données

Des élèves de CM2 (N=21) provenant de trois écoles de circonscriptions différentes dans un département de l'ouest de la France ont été interrogés. Les entretiens individuels (de 20 à 25 minutes) ont été menés dans une pièce séparée de la classe en mai et juin 2023.

Analyse des entretiens

Les transcriptions des entretiens ont été analysées séparément par les deux chercheuses, puis une confrontation a permis d'aboutir à un consensus dans les rares cas de désaccord. Une

¹ Dans la première vidéo, les liquides incolores obtenus en fin de première partie sont chauffés, les liquides se vaporisent et il reste un solide à chaque fois. Le solide 1 est du bicarbonate de sodium, le solide 2 de l'acétate de sodium. Les tests consistent à verser quelques gouttes d'eau ou de vinaigre sur quelques grains de solide.

analyse préliminaire vise à savoir si les élèves pensent que le bicarbonate est présent dans chaque mélange.

Pour répondre à QR1, nous déterminons quelle procédure en lien avec les deux expériences qu'ils ont vues, les élèves proposent pour identifier les solides récupérés. Typiquement des propos tels que « dans l'eau ça fait rien » ou « ça se dissout » (PE) d'une part, et « dans le vinaigre ça fait des bulles » ou « ça mousse » (PV) d'autre part, sont indicateurs de la perception des propriétés visées.

Pour QR2, nous recherchons s'ils parviennent à utiliser les propriétés pour décider si les solides présentés et testés sont du bicarbonate ou pas.

Résultats

Présence du bicarbonate avant séparation des mélanges

Après obtention d'un liquide incolore et transparent dans chaque expérience, 18 élèves pensent que le bicarbonate est toujours présent dans le mélange 1 contre 9 dans le mélange 2 (figure 2), ce qui légitime ensuite de chercher à séparer les mélanges.

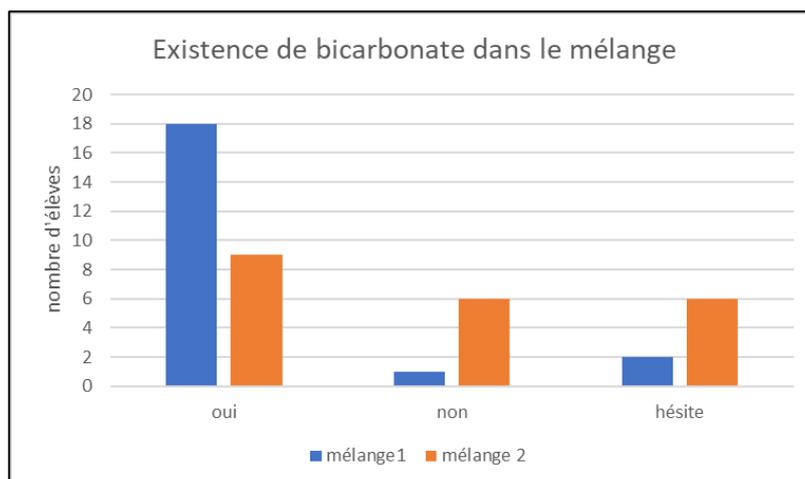


Figure 2 : Répartition des avis des élèves à propos de l'existence de bicarbonate dans le mélange avant séparation

Identification des propriétés

À la question de savoir ce que l'on pourrait faire pour déterminer si les solides sont du bicarbonate, 4 élèves proposent spontanément de mettre du solide dans l'eau et dans le vinaigre (PEPV) pour voir ce qui se passe, 3 ne citent qu'une seule de ces expériences (PE ou PV), 6 mentionnent autre chose et les 8 autres ne proposent rien (figure 3).

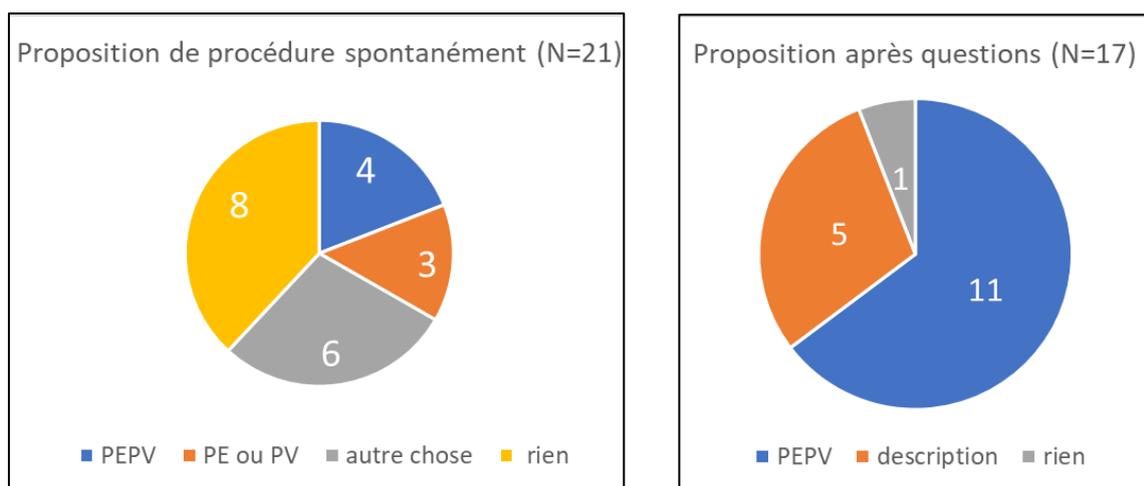


Figure3 : identification des propriétés spontanément (gauche) et après questions (droite)

Après des questions (parfois insistantes) de l'adulte, ils sont 11 (sur les 17 autres que PEPV) à donner une procédure avec les deux propriétés tandis que 5 autres décrivent ce qu'ils ont vu en début d'entretien sans proposer comment faire. Le dernier ne décrit rien.

En réponse à QR1, ces résultats tendent à montrer que 15 élèves sur 21 ont perçu deux propriétés caractéristiques du bicarbonate permettant potentiellement de le reconnaître.

Utilisation des propriétés

Le tableau 1 dresse un bilan brut des conclusions obtenues en fin d'entretien.

	Oui	Non	Sait pas	Non-oui
Solide 1, bicarbonate ?	18 (2 sans argument)	1	2	
Solide 2, bicarbonate ?	2 (1 sans argument)	15	2	2

Tableau 1 : réponses des élèves (N=21) sur la nature du solide après avoir visionné les vidéos de tests

Après avoir vu la vidéo testant le solide récupéré du mélange 1, 18 élèves déclarent qu'il s'agit de bicarbonate en prenant appui sur une propriété au moins sauf deux qui ne donnent aucune raison (tableau 1). Un seul élève déclare que ce n'est pas du bicarbonate, en se fondant sur l'aspect du solide et le peu de bulles formées.

Après visionnage de la vidéo relative au solide 2, 15 élèves considèrent que le solide n'est pas du bicarbonate en raison de l'absence de bulle lorsqu'il est mis au contact du vinaigre. Deux élèves pensent que c'est du bicarbonate : l'une sans argument (dans les deux situations) (Mo_Ya) ; l'autre (Ce_Lu) mentionne l'absence de bulle et explique que le bicarbonate ayant « déjà touché du vinaigre », « l'effet il avait déjà eu lieu ». Deux élèves (les mêmes que pour le solide 1) ne savent pas dire si le solide est du bicarbonate. Deux autres élèves (non-oui) répondent dans un premier temps que le solide 2 n'est pas du bicarbonate en se basant sur l'absence d'effet avec le vinaigre (donc la propriété) mais se rétractent ensuite « c'est toujours du bicarbonate de soude mais ça fait plus effet » (Mo_Co). Les résultats bruts indiquent qu'une majorité des élèves interrogés semble utiliser les propriétés pour conclure selon nos attentes que le solide 1 est du bicarbonate contrairement au solide 2.

Discussion

Des tris croisés montrent que 12 élèves sur les 15 ayant décrit les propriétés (A1) concluent correctement dans chaque situation (A2). Par ailleurs ils sont 14 à répondre conformément à nos attentes pour les deux solides (A2), dont 2 n'avaient pas semblé percevoir les propriétés (A1). Donc les aspects A1 et A2 du modèle précurseur (décrire et utiliser les propriétés) sont accessibles à une majorité d'élèves interrogés, cependant, décrire les propriétés ne garantit pas que l'utilisation en soit pertinente et inversement. En outre, l'idée de propriété attachée à la substance est encore fragile, certains (Mo_Co, Me_Pa, Ce_Lo, Ce_Lu) ont tendance à séparer la substance de ses propriétés (Solomonidou & Stavridou, 1994).

La quasi-totalité des élèves interrogés sont conservants (Piaget & Inhelder, 1962), au sens où ne plus voir un solide après mise en contact avec un liquide ne signifie pas que la substance n'existe plus. La forme même du parcours conceptuel proposé met l'accent sur la possible conservation du bicarbonate alors que ce n'est pas le cas dans la situation 2. Ceci constitue une limite inhérente à notre méthodologie. De même, la reproductibilité des effets (A1), élément de scientificité de la démarche (Blanquet & Picholle, 2020), est à travailler en montrant ce qui arrive avec une petite pincée de poudre au contact du vinaigre. Peu de bulles seront alors produites, ce qui contrerait l'argument de la faible quantité de bulles pour ne pas reconnaître le bicarbonate. Le caractère reproductible est donc essentiel, et la séparation substance/propriété (voir les 4 élèves ci-dessus) constitue alors un obstacle à la construction de l'idée de propriété chimique.

Enfin, reconnaître que le solide 2 n'est pas du bicarbonate ne signifie pas nécessairement que l'élève conçoit la formation d'une nouvelle substance. En effet deux élèves changent d'avis (non-oui) devant la difficulté soit à nommer ce nouveau solide soit à concevoir une transformation. D'autres, reconnaissant que le solide 2 n'est pas du bicarbonate, proposent « vinaigre cristallisé », « cristaux de vinaigre » et « vinaigre mélangé avec du bicarbonate ». Ces termes nous incitent à penser qu'être capable de conclure sur la nature du solide 2 diffère de l'idée de transformation d'une substance (A3 du modèle précurseur) (Johnson, 2000).

Conclusion

Le parcours conceptuel présenté aux élèves leur fait découvrir et utiliser des propriétés chimiques d'une substance donnée, à travers l'exemple du bicarbonate. Nous ne pouvons pas encore parler de construction du modèle précurseur par les élèves dans la mesure où il faudrait d'une part introduire les termes substance et propriété chimique et les relier à ce qu'ils ont vécu, d'autre part faire vivre d'autres parcours du même type afin de comparer plusieurs substances et dégager ce qui est commun (les invariants), et ce qui diffère. Cette étude montre cependant que les deux premiers aspects du modèle sont accessibles sur un exemple.

D'un autre point de vue elle montre aussi que la séparation que semblent faire certains élèves entre une substance et ses propriétés constitue un objectif-obstacle autour duquel il faudrait organiser des séquences d'enseignement pour aboutir au modèle précurseur. Cette préoccupation orientera la suite de nos recherches.

Bibliographie

- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'Semantic' View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611.
- Blanquet, E., & Picholle, É. (2020). L'explicitation d'éléments de scientificité : Un outil épistémologique bottom-up pour la démarche d'investigation à l'école primaire. In M. Bächtold, V. Durand-Guerrier, & V. Munier (Éds.), *Épistémologie & didactique : Synthèses et études de cas en mathématiques et en sciences expérimentales* (p. 221-234). Presses universitaires de Franche-Comté. <https://doi.org/10.4000/books.pufc.11432>
- Delserieys, A., Jégou, C., Boilevin, J.-M., & Ravanis, K. (2018). Precursor model and preschool science learning about shadows formation. *Research in Science & Technological Education*, 36(2), 147-164. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1353960>
- Delserieys, A., Jégou, C., Boilevin, J.-M., & Ravanis, K. (2022). Precursor Model and Preschool Science Learning About Shadows Formation. In J.-M. Boilevin, A. Delserieys, & K. Ravanis (Éds.), *Precursor Models for Teaching and Learning Science During Early Childhood* (p. 75-94). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08158-3_5
- Hatzinikita, V., & Koulaïdis, V. (1998). Représentation des élèves de l'école primaire sur les changements des systèmes physico-chimiques : Système de classification. *Didaskalia*, 12(1), 93-113. <https://doi.org/10.4267/2042/23854>
- Johnson, P. (2000). Children's understanding of substances, part 1 : Recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22(7), 719-737. <https://doi.org/10.1080/09500690050044062>
- Johnson, P., & Papageorgiou, G. (2010). Rethinking the introduction of particle theory : A substance-based framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 130-150. <https://doi.org/10.1002/tea.20296>
- Johsua, S. (1994). Quelques conditions d'évolution d'un objet d'enseignement en physique : L'exemple des circuits électriques. In G. Arzac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand, & A. Tiberghien (Éds.), *La transposition didactique à l'épreuve* (p. 9-34). La Pensée Sauvage.
- Kermen, I. (soumis) Vers un modèle précurseur des transformations chimiques de la matière. Dans J.-M. Boilevin, A. Delserieys, C. Jégou & K. Ravanis (Éds.), *Modèles précurseurs dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences à l'école primaire*
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1962). *Le développement des quantités physiques chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.
- Rahayu, S., & Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conceptions of burning : Toward an understanding of the concept of substance. *Research in Science Education*, 29, 295-312. <https://doi.org/10.1007/BF02461595>
- Ravanis, K. (2000). La construction de la connaissance physique à l'âge préscolaire : Recherches sur les interventions et les interactions didactiques. *Aster*, 31, 71-94. <https://doi.org/10.4267/2042/8753>
- Solomonidou, C., & Stavridou, H. (1994). Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique. *Aster*, 18, 75-95.
- Talenti, A., Kermen, I., & Canac, S. (2023). Introduction à l'idée de transformation chimique par la réalisation de mélanges en classe de sixième. *Bulletin de l'union des physiciens*, 117(1057), 795-809.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272. <https://doi.org/10.1080/09500690210126711>

- Vergnaud, G. (1987). Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant. In J. Piaget, P. Mounoud, & J.-P. Bronckart (Éds.), *Psychologie* (p. 821-844). Gallimard.
- Vergnaud, G. (2007). Représentation et activité : Deux concepts étroitement associés. *Recherche en éducation*, 4, 9-22.
- Vygotski, L. (1997). *Pensée et langage*. La Dispute.
- Weil-Barais, A. (2022). What Is a Precursor Model? In J.-M. Boilevin, A. Delsérieys, & K. Ravanis (Éds.), *Precursor Models for Teaching and Learning Science During Early Childhood* (p. 11-32). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08158-3_2
- Weil-Barais, A., & Lemeignan, G. (1994). Approche développementale de l'enseignement et de l'apprentissage de la modélisation. Quelles implications pour la recherche et pour les pratiques d'enseignement ? In équipe INRP / LIREST, *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (p. 85-113). INRP.

Les activités libres : une entrée possible pour étudier la relation des élèves à la nature ?

Jean Yves Léna^{1,2}, Raphael Chalmeau¹, Marie-Pierre Julien¹, David Bédouret¹

1 : GEODE, CNRS-Université Toulouse Jean Jaurès

2 : INSPE Toulouse, Université Toulouse Jean Jaurès

Résumé

Dans une perspective d'éducation à l'environnement, la relation à la nature qui se construit chez les élèves est une dimension intéressante à questionner (Coquidé, 2017). Solliciter les émotions, questionner les relations, s'engager dans des « expériences » de nature sont quelques éléments facilitant l'engagement des personnes dans la construction d'une relation à la nature. Il s'agit dans cette recherche¹ d'étudier plus précisément comment les activités libres répétées en extérieur peuvent participer à la construction des relations avec la nature et en particulier les vivants. Nous analysons ces d'activités libres au sein d'une séquence pédagogique sur la biodiversité avec des élèves de l'école primaire. Les résultats révèlent une évolution contrastée des égards vis-à-vis de la nature.

Mots-Clés : Activité libre ; Nature ; Éducation à l'environnement ; Relation ; Expérience ; École primaire.

¹ Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du Labex DRIIHM, programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-LABX-0010. Il s'inscrit dans le projet « Enjeux de l'expérience pour questionner notre relation à la nature » de l'Observatoire Hommes-Milieus du Pyrénées-Haut-Videssos.

Les activités libres : une entrée possible pour étudier la relation des élèves à la nature ?

Cadre théorique

Dans le contexte des enjeux éducatifs à l'ère de l'anthropocène, la relation directe des enfants avec la nature montre son intérêt aussi bien dans les dimensions cognitives que dans les apports du point de vue du bien-être et de la santé (Beery & Jørgensen, 2018 ; Berman, Jonides & Kaplan, 2008 ; Fleury & Prévot, 2017 ; Kuo, Barnes & Jordan, 2019 ; Wauquiez, 2008). Les dimensions émotionnelles sont elles aussi impliquées dans les apprentissages et peuvent conduire à une connexion avec la nature qui incite les élèves à vouloir la protéger (Otto & Pensini, 2017). Richard Louv (2008) a alerté sur la déconnexion des enfants avec la nature et les préjudices éventuels que cela entraîne en termes de qualité relationnelle avec les êtres vivants présents. En effet, des psychologues de l'environnement ont observé que de génération en génération, le fait de raréfier les rencontres directes avec la nature aboutit à des formes d'amnésie de la nature (Kahn, 2002). En didactique des sciences, Maryline Coquidé souligne que la nature « a toujours été source de débat dans le monde éducatif ». Elle précise qu'elle peut être « considérée comme “paradigme perdu”, comme objet et lieu d'apprentissage, comme source de valeurs intrinsèques ou comme environnement favorable à la santé » (Coquidé, 2017, p. 61).

À partir d'un ancrage anthropologique et phénoménologique, nous proposons de documenter les formes de relation des élèves à la nature dans un contexte d'activité libre. En anthropologie, le travail fondateur de Mauss (1934) nous invite à accorder une attention aux « techniques du corps » (postures des corps, types de contacts réalisés, etc.) en partant du concret pour en déterminer une modalité de relation. L'approche phénoménologique de l'expérience replace le corps au centre du processus, le corps sentant qui est également le corps senti, devient « corps-conscience » et « corps-connaissance » (Merleau-Ponty, 2010). En combinant ces deux ancrages, notre approche se situe dans une perspective holistique où l'expérience est au centre (Coquidé, 2015). Dans un premier temps, nous développerons le concept d'expérience de nature. Dans un second temps, l'intérêt didactique d'intégrer des activités libres dans une ingénierie d'éducation à l'environnement sera exploré.

¹ Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du Labex DRIIHM, programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-LABX-0010. Il s'inscrit dans le projet « Enjeux de l'expérience pour questionner notre relation à la nature » de l'Observatoire Hommes-Milieus du Pyrénées-Haut-Viedessos-

Les « expériences de nature » méritent une plus grande attention de la part du monde de l'éducation en questionnant les fondements théoriques associés (approches phénoménologique, holistique et psychologique ; voir Léna, 2021 ; Léna, Chalmeau & Julien, 2023). D'un point de vue général, « chaque expérience faite modifie le sujet et cette modification à son tour, affecte, que nous le voulions ou non, la qualité des expériences suivantes ; le sujet étant un peu différent après chaque expérience de ce qu'il était auparavant » (Dewey, 2012, p. 35). Plus récemment, l'anthropologue Ingold (2018) souligne que la relation « se forme et se transforme au fil de l'action elle-même ». L'action dans la nature devient alors un moyen d'entrer en relation avec son environnement, comme le propose Berryman (2003, p. 218), « c'est concrètement qu'il [l'enfant] se lie au monde dont il explore et manipule la structure ». Les modalités de relations à la nature mobilisent directement le corps dans toutes ses dimensions y compris affective. Searles (1986) distingue trois types de relation avec les non-humain selon la maturité psycho-affective : l'apparentement est défini comme une conscience de parenté intime ; la fusion traduit une indistinction entre son environnement ; et la coupure indique un refus de reconnaître une parenté profonde avec un non humain (Searles, 1986).

Les activités libres pour rencontrer la nature

Coquidé nous invite à accorder une plus grande attention aux activités libres pour permettre aux élèves de rencontrer la nature (Coquidé, 2017, p. 71). Gray, psychologue, défend le jeu libre chez l'enfant et l'intérêt de celui-ci sur le développement de l'enfant (Gray, 2016). Il rejoint de nombreux pédagogues du XX^{ème} siècle pour lesquels le jeu est à la fois un besoin et un facteur de développement de compétences sociales et cognitives (voir notamment Dewey, Montessori, Piaget, Decroly et Cousinet ; cités par Chéreau & Fauchier-Delavigne, 2019). Les activités libres sont particulièrement importantes dans les pratiques des écoles dehors et des écoles en forêt (Cottureau, 2012 ; Ferjou & Fauchier, 2020). Elles permettent à l'enfant le choix des possibles dans un environnement extérieur : ne rien faire, jouer, réaliser des activités physiques, découvrir et observer les matériaux ou le vivant au cours de ses explorations. La proposition d'activité libre limitée dans le temps est une pratique ordinaire en éducation relative à l'environnement. Elle se situe souvent comme amorce d'une séquence avec des intentions ciblées, comme choisir un lieu pour réaliser une étude de l'écosystème (Simard et al., 2022) ou pour réaliser une œuvre d'Art dans le milieu (Boelen, 2017 ; Cottureau, 2012). En effet, « ces moments ludiques (...) permettent à l'enfant de découvrir le monde, et la place, qu'il peut prendre dans le monde » (Cottureau, citée par Espinassous, 2019, p. 72). Mais ces moments sont très faiblement documentés du point de vue de l'élève ; quelles sont ses relations avec la nature, quelles sont ses activités, comment mobilise-t-il son corps ?

Question de recherche et hypothèse

Notre étude se propose de documenter l'expérience de nature des élèves lors de moments d'activité libre répétés. Ces moments sont associés à une séquence interdisciplinaire. Les objectifs de la séquence interdisciplinaire sont : (i) une initiation à la biodiversité, (ii) une exploration sensorielle du milieu, (iii) une découverte de pratiques de nature « ailleurs » en Indonésie proposant un détour ethnographique. L'initiation à la biodiversité a consisté à

explorer, à décrire, identifier quelques grandes familles d'êtres vivants (les "petites bêtes", les plantes). Différentes modalités de relation avec le milieu ont été également travaillées avec les élèves en sollicitant différents sens (ouïe, toucher, vue) à plusieurs moments de la séquence. Enfin le troisième atelier consistait pour les élèves à prendre connaissance, via une lecture d'album², d'autres façons de vivre en relation avec son milieu (habitat, alimentation, croyances...).

L'hypothèse principale est celle d'une influence des ateliers dirigés sur la relation que les élèves vont développer lors des activités libres répétées.

Méthodologie

Population étudiée et objectifs d'apprentissage

Une classe de CE1-CE2 (18 élèves) et une classe de CM1-CM2 (15 élèves) d'un village de montagne (Auzat, Ariège) sont impliquées dans la recherche. Une séquence comprenant six séances, intégrant un temps d'activité libre à cinq reprises, est proposée aux élèves entre avril et juin 2023. L'objectif en termes d'apprentissages est centré sur la biodiversité (animale et végétale) tout en mobilisant des explorations sensorielles renforçant ainsi les expériences de nature des élèves.

Corpus et recueil des données

Les élèves de chaque classe ont été filmés (deux caméras) pendant un temps d'activité libre de vingt minutes qui intervient à la suite d'atelier dirigé par les enseignants et les chercheurs. Le lieu visité est le même tout au long de la séquence. Les vidéos sont analysées au regard des activités des élèves pour lesquelles un inventaire des actions est réalisé (faire une cabane, se promener, regarder, etc.) ainsi que leur rythme de réalisation. Pour chaque activité libre, un double relevé est complété : celui des caractéristiques sociales des actions (seul, groupe, taille, interactions) en s'inspirant des techniques du corps de Mauss (1934) (postures des corps, sens mobilisés, etc.) et des modalités de relations à la nature – fusion, apparentement, coupure (Franc et al., 2013 ; Searle, 1986). Le contenu des films, analysé en termes de relation à la nature, de la séance 1 (avril) est comparé à celui de la séance 5 (juin). Cette analyse permettra de renseigner des modalités de relations avec la nature des élèves.

Résultats

Le lieu de la séquence est constitué d'une prairie, bordé d'un côté par une rivière et de l'autre par un chemin boisé, délimité par de gros blocs de moraines. Des bosquets de bouleaux et de noisetiers, un églantier isolé, représente la strate arborée.

Dans les deux classes au cours des vingt minutes observées, deux profils d'élèves apparaissent ; des élèves, les plus nombreux, qui se focalisent sur une seule activité et des élèves qui passent d'une activité à une autre.

Concernant la première séance des CE, deux profils d'activités sont observés : un premier groupe, que l'on nomme AB, s'intéressera à un petit arbre (prunelier) tout au long des vingt minutes, et un second groupe, nommé C, à des activités de type « jeu de cours de récréation » qui évolueront au cours des vingt minutes. Globalement les attitudes corporelles des élèves sont assez proches des attitudes de la cours de récréation (debout, marche, course, ...).

Les élèves du premier groupe AB s'opposent sur les conduites à tenir envers le prunelier ; environ la moitié de ce groupe, le groupe A, exprime une relation d'apparentement en

défendant le point de l'arbre et le second groupe, le B, a des comportements de destruction gratuite (arrachage du lichen sur les branches, dégradation des branches), révélant une posture de coupure, ne montrant donc pas d'attention particulière vis-à-vis de la nature. Les autres, du groupe C, vont varier leurs activités tout au long des vingt minutes en réalisant surtout des jeux de cours de récréation (discussion, jeu d'opposition, jeu d'imitations). Lors de cette première séance, nous constatons que plus de la moitié des élèves n'a pas d'égard particulier vis-à-vis des animaux ou des végétaux présents sur le site. Seuls certains élèves en relation avec le prunellier semblent accorder une attention au végétal.

La séance 5 de ces CE révèle un tout autre visage : une partie des élèves a réalisé plusieurs jeux de type symboliques (construction de cabane, cuisine, ...) et la seconde partie (groupe mixte de 6 à 8 élèves) s'est focalisée sur l'observation de « petites bêtes » (araignées, vers de terre, perce-oreille, cloporte) au pied d'un arbre. Lors de cette séance, les attitudes corporelles des élèves prennent davantage en compte les éléments du milieu principalement en mobilisant les sens de la vue et du toucher. Leurs activités sont plus précises (ex : recueillir une araignée et la déposer en sécurité sur un tronc) et leur registre d'attention est plus élevé. Lors de cette dernière séance, nous constatons que plus de la moitié des élèves a des égards vis-à-vis des animaux ou des végétaux présents. De plus certains élèves remobilisent des gestes ou des attentions découverts lors des ateliers dirigés.

Concernant les CM, lors de la première séance plusieurs groupes se constituent rapidement autour de jeux de type symbolique (construction de cabane, faire du feu, jouer à l'école) et d'autres discutent simplement au pied et sur un arbre, ou sur un rocher proche du torrent. Globalement les attitudes corporelles des élèves sont assez proches des élèves du CE sans égard particulier vis-à-vis des animaux ou des végétaux présents sur le site.

La séance 5 des CM est très structurée et montre une certaine continuité avec la 1^{ère} séance : deux groupes sont occupés à construire deux cabanes et à se disputer autour de cette cabane, voire à se « faire la guerre » pour récupérer des matériaux. Un groupe de filles discutent sur « leur » rocher comme lors de la 1^{ère} séance. Dans ces deux groupes semble dominer une relation de coupure avec la nature, celle-ci est considérée comme une ressource ou un décor pour leurs activités. Seule une élève cherche, récolte, observe et montre des « petites bêtes » (vers de terre, perce-oreille, cloporte, araignée) signalant une relation avec la nature. Ainsi, lors de cette dernière séance, les égards des CM vis-à-vis de la nature ont peu évolué.

Discussion

Lors des activités libres, l'expérience de nature des élèves se traduit par des jeux symboliques (construction de cabane, faire du feu, jouer à l'école, faire la cuisine, « faire la guerre »). Les activités de relation et d'attention à la nature sont présentes plus grande proportion chez les élèves de CE et restent minoritaires chez les CM même à l'issue de la séquence. Une certaine routine s'est instaurée dans le lieu, les élèves reviennent majoritairement dans le même espace. Celui-ci, chargé de significations, devient un endroit familier, parfois auquel on est attaché. Une moitié d'élèves de CM montre un engagement réel du corps dans la forêt et propose une relation de type utilitaire avec le vivant, celui-ci est une ressource pour aménager un espace, ou jouer. Alors que la moitié des élèves de CE, par leurs multiples moments d'observations, d'accueil sur leur bras ou dans leur main, ont réussi à engager une véritable relation teintée d'une dimension éthique. D'autant plus que les animaux observés et rencontrés font partie des « mal-aimés » de la biodiversité (araignées, carabe, cloporte). Pour certains élèves, l'attention portée au milieus'accompagne de paroles au sujet de ces vivants. Ceci stabilise l'interprétation que

nous pouvons faire de ces moments. Notre hypothèse concernant la remobilisation des éléments découverts lors des ateliers dirigés au cours des activités libres répétées n'est validée que partiellement, à la fois entre les deux classes (les CE plus que les CM) et à l'intérieur de chaque classe (grande diversité d'activités).

L'évolution des relations à la nature, passant d'un registre de coupure à un registre d'appareillage, voire de fusion pourrait être le signe d'une évolution de la qualité de l'attention des élèves vis-à-vis des vivants présents dans le milieu. Au fur et à mesure de la fréquentation du lieu, en multipliant les expériences de nature, les égards de certains élèves vis-à-vis des vivants s'ajustent. Ils intègrent peu à peu la présence des autres vivants et leur modalité d'être au monde, attestant d'une considération renouvelée à la nature.

Bibliographie

- Beery, T., & Jørgensen, K. A. (2018). Children in nature: sensory engagement and the experience of biodiversity. *Environmental Education Research*, 24(1), 13-25.
- Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2008). The cognitive benefits of interacting with nature. *Psychological science*, 19(12), 1207-1212.
- Berryman, T. (2003). L'éco-ontogenèse: les relations à l'environnement dans le développement humain. D'autres rapports au monde pour d'autres développements. *Éducation relative à l'environnement. Regards-Recherches-Réflexions*, 4.
- Boelen, V. (2017). Le développement d'une pensée réflexive du rapport à la nature par le biais d'ateliers artistiques, chez l'enfant. *Éducation relative à l'environnement. Regards-Recherches-Réflexions*, 14(1).
- Clavel, J. (2017). Expériences de natures, investir l'écosomatique. Dans Fleury C., Prévot A. C. (dir.), *Le souci de la nature, apprendre, inventer, gouverner*. CNRS Éditions, p. 257-269.
- Chawla, L. (2020). Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. *People and Nature*, 2(3), 619-642.
- Chéreau, M., & Fauchier-Delavigne, M. (2019). *L'enfant dans la nature*. Fayard.
- Coquidé, M. (2015). Se sentir vivant : quels enjeux d'éducation biologique ? SHS Web of Conferences (Vol. 21, p. 03001). EDP Sciences.
- Coquidé, M. (2017). La nature à l'école. Dans C. Fleury & A.-C. Prévot (dir.), *Le souci de la nature, apprendre, inventer, gouverner*. CNRS Éditions, p. 61-73.
- Cottureau, D. (2012). Habiter par corps. *Éducation relative à l'environnement. Regards-Recherches-Réflexions*, 10.
- Dewey, J. (2012). *Expérience et nature*. Gallimard. (1ère édition 1925, en langue anglaise).
- Espinassous, L. (2019). *Pour une éducation buissonnière*. Éditions Hesse.
- Ferjou, C., & Fauchier, M. (2020). *Emmenez les enfants dehors !* Robert Laffont.
- Fleury, C., & Prévot, A.-C. (2017). *Le souci de la nature. Apprendre, inventer, gouverner*. CNRS Éditions.
- Franc, S., Reynaud, C., & Hasni, A. (2013). Apprentissages en éducation à la biodiversité à l'école élémentaire : savoirs et émotions au sujet des arthropodes. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 8, 65-90.
- Girault, Y., & Sauvé, L. (2008). L'éducation scientifique, l'éducation à l'environnement et l'éducation pour le développement durable. *Croisements, enjeux et mouvances. Aster*, 46(1), 7-30.

- Gray, P. (2016). *Libre pour apprendre*. Éditions Actes Sud.
- Ingold, T. (2018). *L'anthropologie comme éducation*. Presses universitaires de Rennes.
- Kahn, P. H. (2002). Children's affiliations with nature: structure, development, and the problem of environmental generational amnesia. Dans P. H. Kahn & S. R. Kellert (coord.), *Children and nature: psychological, sociocultural, and evolutionary investigations*. MIT Press, p. 93-116.
- Kuo, M., Barnes, M., & Jordan, C. (2019). Do experiences with nature promote learning? Converging evidence of a cause-and-effect relationship. *Frontiers in psychology*, 10, 305.
- Léna, J.-Y. (2021). Les Expériences de nature en ville : quels fondements théoriques et quels enjeux pour l'éducation. Colloque international de recherche T2021 : Transitions écologiques en transactions et actions, Toulouse, 21-25 juin 2021.
- Léna, J.-Y., Chalmeau, R. & Julien, M.-P. (2023). Questionner les représentations de la forêt et les expériences de nature chez des élèves de cycle 3. Dans Venturini P. & Pelissier L. (dir.), Actes du colloque des 12èmes rencontres scientifiques de l'Association pour la recherche en didactique des sciences et des technologies, 15-18/11/2022, Université Toulouse Jean Jaurès.
- Louv, R. (2008). *Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder*. Algonquin books.
- Mauss, M. (1934), *Journal de Psychologie*, XXXII, ne, 3-4, 15 mars - 15 avril 1936. Communication présentée à la Société de Psychologie le 17 mai 1934
- Merleau-Ponty, M., (2010). *Phénoménologie de la perception* (1945) (p. 655-1164). *Le visible et l'invisible* (1964) (p. 1637-1780). Dans « Œuvres », Edition Quarto Gallimard.
- Otto, S., & Pensini, P. (2017). Nature-based environmental education of children: Environmental knowledge and connectedness to nature, together, are related to ecological behaviour. *Global Environmental Change*, 47, 88-94.
- Prévoit, A. C. & Fleury, C. (2017). De nouvelles expériences de nature pour une nouvelle société. Dans Fleury C., Prévoit A. C. (dir.), *Le souci de la nature, apprendre, inventer, gouverner*. CNRS Éditions, p. 9-22.
- Pruneau, D., & Lapointe, C. (2002). Un, deux, trois, nous irons aux bois... L'apprentissage expérientiel et ses applications en éducation relative à l'environnement. *Éducation et francophonie*, 30(2), 241-256.
- Pyle, R. M. (1978). The extinction of experience. *Horticulture*, 56, 64-67. Tang, K.-S. (2016). The interplay of representations and patterns of classroom discourse in science teaching sequences. *International Journal of Science Education*, 38(13), 2069-2095. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1218568>
- Searles H., (1986). L'environnement non humain. Gallimard [1re éd. 1960].
- Simard, C., Fortin, C., Morin, E., & Turpin, S. (2022). La biodiversité : quelques enjeux socio-éducatifs. Dans Simard C., Bernard M.-C., Fortin C. & Panissal N. (dir.), *Éduquer au vivant : Perspectives, recherches et pratiques*. Hermann, Presses de l'Université Laval, p. 85-109.
- Wauquiez, S. (2008). Les enfants des bois: Pourquoi et comment sortir en nature avec de jeunes enfants. BoD-Books on Demand France.

L'épistémologie contemporaine du vivant et perspectives didactiques pour une éducation scientifique citoyenne au vivant du 21^e siècle. Une enquête menée auprès de 130 chercheurs français

Anne Quentin¹

1 : Laboratoire Cirnef, Université de Rouen Normandie

Résumé

Dans un Anthropocène plus que perturbé, nous poserons la question de l'éducation scientifique au vivant. Comment construire une éducation scientifique citoyenne au vivant au 21^e siècle en développant des actions participatives associant les acteurs de l'école (enseignants et élèves) aux chercheurs, aux médiateurs, aux citoyens, dans un cadre institutionnel ? La première approche est de revenir sur les apports épistémologiques et historiques du vivant (20 et 21^e siècles), de quel vivant épistémique parlons-nous aujourd'hui ? Puis l'idée est de se centrer sur un premier public contributif : les chercheur.es qui travaillent le vivant. Quelles sont leurs représentations/définitions du vivant, quels sont leurs engagements vis à vis des enjeux sociétaux et éducatifs en lien avec le vivant ? Dans quelle(s) mesure(s) sont-ils des acteurs potentiels de dispositifs éducatifs ? Afin de mesurer cela, une recherche empirique reposant sur un collectif de 130 chercheur.es interrogés via un questionnaire en ligne entre mars 2022 et novembre 2023, tente de comprendre et de modéliser des postures de chercheur.es permettant d'éclairer par la suite l'étude des interactions des différents acteurs (les chercheurs mais aussi les apprenants, et éducateurs) et des formes de savoirs partagés au sein de dispositifs éducatifs.

Mots-Clés : Éducation scientifique citoyenne ; Vivant ; Chercheurs ; Postures ; Modélisation.

L'épistémologie contemporaine du vivant et perspectives didactiques pour une éducation scientifique citoyenne au vivant du 21^e siècle.

Une enquête menée auprès de 130 chercheurs français.

Problématique de recherche et cadre théorique

Approche contemporaine du concept du vivant

Canguilhem (1965) nous indique qu'il y a le même rapport entre l'organisme et son environnement, qu'entre les parties et le tout à l'intérieur de l'organisme lui-même, d'où le questionnement en didactique de la place de l'enseignement des relations des êtres vivants avec le milieu et entre eux. Dans les prescriptions actuelles à l'école, ces relations sont tout dernièrement renforcées (MEN, 2023) notamment en lien avec une éducation à la transition écologique. Rumelhard (2012) appuie cette idée de lien étroit entre le vivant et le milieu, parlant ainsi d'un milieu inféré au vivant, se rapprochant alors du concept de *normativité du vivant*¹ proposé par Canguilhem dès 1943. D'autres questions émergent d'un point de vue didactique : Faut-il approcher davantage l'apprentissage du vivant par les relations avec le milieu ? Comment aborder l'étude du vivant pour traduire sa complexité ? Comment le faire à l'école et par la suite ? Comment sont construits les *curricula* sur le vivant ? Faut-il étudier l'approche actuelle pour la faire évoluer ? Faut-il privilégier le réel, l'expérimental (Coquidé, 2000) en classe pour apprendre, identifier les tensions et les différentes représentations du monde ?

Hamant (2022), chercheur à l'INRAE, attribue au vivant trois aspects fondamentaux : la circularité, le comportement collectif du vivant qui rejoint la notion d'interdépendance des êtres vivants entre eux et avec leur milieu et enfin la robustesse, qu'il distingue de la performance, et qui conduit au caractère résilient du vivant. Cette troisième voie permettrait de construire, pour nos sociétés, un avenir davantage viable et réconcilié avec la nature. Cette vision du vivant aiderait à reconstruire une approche didactique curriculaire du concept.

D'un point de vue philosophique et dans la philosophie naturelle, connaître la nature, c'est d'abord se situer par rapport à elle. Trois positions différentes se sont succédé dans le temps : la première, est celle d'une place de l'homme au centre de la nature, en position d'observation, celle du monde antique grecque ; la deuxième est celle qui met l'homme à l'extérieur de la nature en position d'expérimentation et de maîtrise. Cette seconde place est celle du monde moderne. La troisième est la plus récente, c'est celle qui réinscrit l'homme sans position privilégiée, comme un co-citoyen des autres espèces, suivant le cours de l'évolution biologique de façon concomitante. C. et R. Larrère (2009) proposent ainsi un nouveau naturalisme, « un bon usage de la nature », très ancienne idée que l'on retrouve chez Aristote. Ce nouveau naturalisme devra être écocentré, appuyé sur une vision objective de la nature, informée par la science. Il s'agira aussi de concilier des éthiques écocentrées, globales et

¹ Canguilhem G. (1943/1966) (éd. 2009), *Le normal et le pathologique*, PUF Paris, p. 156. « S'il existe des normes biologiques c'est parce que la vie, étant non pas seulement soumission au milieu mais institution de son milieu propre, pose par la même des valeurs non seulement dans le milieu mais aussi dans l'organisme même. C'est ce que nous appelons la normativité biologique ».

locales, par des relais politiques nous permettant de vivre dans le respect de la nature et des hommes. Les auteurs soulignent l'idée d'une triple vigilance aux trois échelles : locale, nationale et internationale.

Selosse (2016) montre que le concept d'organisme a atteint aujourd'hui ses limites et que nous devons « prendre en compte le fait qu'un animal ou une plante ne peut vivre sans les multiples microorganismes qui l'habitent » (Selosse, 2016, p.80). Il nous interpelle sur ce que nous cache ce concept d'holobionte : une dissimulation des interactions elles-mêmes, entre organismes et microorganismes hébergés. Il relève ainsi une nécessaire rupture épistémologique au sens bachelardien dans la pensée : donner la place centrale aux interactions ; entrer véritablement dans un âge du vivant (Pelluchon & Euvé, 2023).

Plusieurs points saillants ressortent de notre revue de la littérature. De l'approche scientifique, nous pouvons retenir :

- un passage de l'organisme au supraorganisme ;
- des interrelations non mises en avant et pourtant si importantes ;
- un vivant vu autrement : collectif, circulaire et robuste.

De l'approche philosophique, nous pouvons conserver :

- le problème du lien entre l'Homme et les autres vivants, une approche du vivant qui reste anthropocentrée au lieu d'être écocentrée.

Ainsi, scientifiques et philosophes mettent en avant un consensus sur la nécessité dans notre monde d'aujourd'hui de **revoir les liens entre Homme et vivants**. Cette vision écocentrée va être essentielle pour construire la culture scientifique et l'éducation au vivant du 21^e siècle.

La question se pose maintenant en termes d'éducation. Comment orienter les *curricula* dans les années à venir, pour rendre à la fois compte de la progression des connaissances, des méthodes d'étude portant sur le vivant et de l'évolution de notre rapport aux vivants ? Comment prendre aussi en charge les évolutions sociétales actuelles liées au vivant ? Quel vivant épistémique est prescrit dans les programmes scolaires actuels ?

Approche éducative du vivant : vers une éducation scientifique citoyenne au vivant

Un enseignement scientifique culturel ? Selon Astolfi (2000), l'enseignement scientifique a des objectifs qui relèvent de plans très différents :

- objectifs sur un plan conceptuel, pour fournir aux élèves une grille de lecture pour comprendre la nature, la matière, la technique, le vivant, l'homme, l'univers ;
- d'éveil : stimulant des attitudes (étonnement, questionnement, patience, autonomie, coopération, etc.) ;
- de réussite scolaire : les sciences comme aide pour les élèves en difficultés ;
- d'intervention : éduquer à des normes socialement désirables, en même temps que donner des moyens au citoyen de raisonner ses choix, et d'être en mesure de soutenir le débat avec les experts.

Conserver et même renforcer ces objectifs qui sont tout à fait en résonance avec les besoins actuels de formation du citoyen du 21^e siècle, semble essentiel. Dans un cadre différent, avec ces mêmes objectifs, nous pourrions repenser l'éducation scientifique. Alors quel serait le milieu propice pour construire ces apprentissages ? Un milieu constitué de plusieurs personnes ressources : les professeurs de sciences mais aussi les chercheurs, les médiateurs scientifiques, les acteurs de la société et dans un espace structuré en différents lieux porteurs de sciences (unités de recherche, maisons de sciences, musées), mais aussi des lieux au sein de la société, porteurs de savoirs citoyens (domaine agricole, monde des entreprises, domaine

de la santé, monde associatif...). Ainsi nous pourrions résumer ce modèle par le schéma suivant :

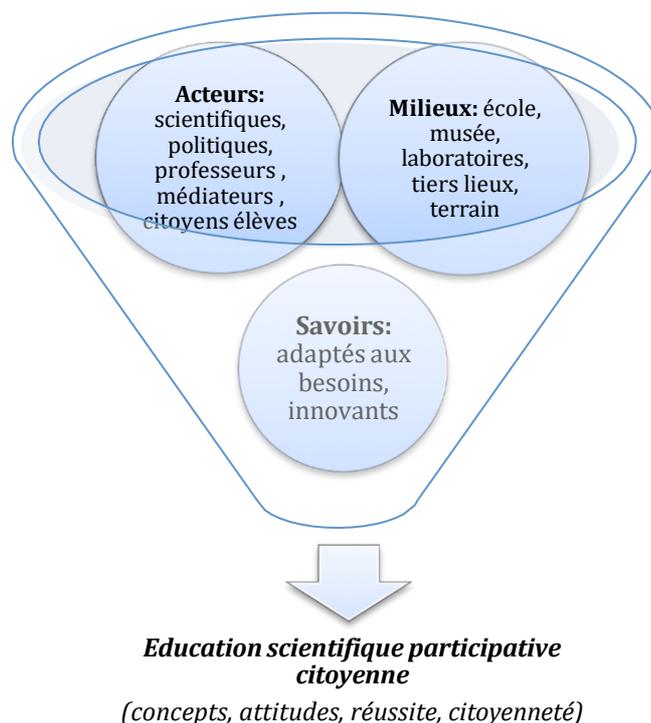


Figure 1 : Modélisation d'une éducation scientifique participative citoyenne. (Quentin, 2023)

Dans le cas des « éducations à », Barthes (2017) précise que l'enjeu central est de former à une citoyenneté politique qui vise la prise en charge collective et éclairée des affaires publiques et finalement, de former des citoyens autonomes. Lors de la recherche de perspectives pour une éducation au vivant, Bernard et al. appuient cette idée d'éducation citoyenne, en notant qu'elle « poursuit autant le développement de la personne que son agir en société » (Bernard et al., in Simard, 2022, p.54). Comment éduquer au politique, est une des problématiques actuelles dans les recherches en éducation. Hétier et Wallenhorst (2023) proposent la refondation d'une éducation politique à l'ère de l'Anthropocène, en mettant l'accent sur le passage à une radicalité concernant le volet économique qui n'est plus soutenable et qui n'est plus en accord avec un développement, même considéré durable.

Les recherches de Kalali (2023) ont permis de cerner en trois points une éducation au vivant renouvelée qui vise une pertinence pour les élèves : tout d'abord, l'importance d'une approche normative de l'éducation basée sur les activités des scientifiques, pondérée par une deuxième approche, celle des savoirs des individus de la société et le tout discuté par ceux qui créent les *curricula*. Elle pose la question de la légitimité d'une telle responsabilité, pourtant nécessaire pour « plaider en faveur d'une "vision consensuelle" de l'éducation scientifique » (Kalali, 2023, p. 143). Fortin (2018), lors de son analyse du statut épistémique du vivant dans les nouveaux curriculum français, met en exergue une approche anthropocentrée des modalités éducatives, empêchant la construction d'une altérité dans nos relations aux autres vivants non humains.

En conclusion de cette approche éducative, on peut noter qu'elle met en exergue le même consensus que celui que nous avons fait ressortir des approches philosophique et scientifique du concept de vivant, à savoir : une éducation au vivant décentrée de l'Homme et permettant à l'élève d'acquérir des attitudes éco-responsables pour se construire en tant que futur citoyen.

Alors comment construire cette éducation scientifique citoyenne ? Quelles sont les postures de divers acteurs à propos du concept de vivant ? Notamment les chercheurs ? Quels enjeux et stratégies proposent-ils pour l'enseignement de ce concept ? Quelles implications pour une éducation scientifique citoyenne ?

Une première approche réflexive sur le rôle et la place que peuvent jouer un premier type d'acteurs, à savoir les chercheurs qui travaillent sur le vivant a fait l'objet d'une enquête portant sur l'éducation scientifique citoyenne au vivant. C'est cette investigation que nous présentons ci-après.

La recherche empirique : une enquête ouverte auprès des chercheurs qui travaillent sur le vivant, premiers acteurs du dispositif.

Méthodologie

Un questionnaire en ligne avec l'outil LimeSurvey a été créé en mars 2022. Un pré-test auprès d'une sélection de neuf chercheurs a permis d'éclaircir certaines questions et de mesurer le temps de passation qui s'avère être d'environ 20 minutes. D'avril à mai 2022, la diffusion a été réalisée auprès des chercheurs de trois grandes structures de la recherche publique française (CNRS, INRAE, INSERM) et auprès des UFR² des universités de Caen et Rouen. La passation a été renforcée durant l'année 2023 jusqu'à la clôture au 17 novembre 2023, avec l'obtention finale d'un corpus de 130 chercheurs qui ont répondu de façon complète à l'enquête, en provenance de toutes les régions de la France.

Le questionnaire est structuré en quatre parties : Le vivant, Sciences et société, Éducation, Médiation scientifique. Comment ces quatre parties ont-elles été constituées ? Les questions sur la première partie du vivant épistémique ont été élaborées à partir des recherches et résultats obtenus par le cadrage théorique. Le cumul de deux questions ouvertes (définition du vivant, 3 mots clés) et une question fermée (ordre de trois propositions choisies parmi 13 ayant un lien avec une catégorie épistémique du vivant) permet de mieux cerner les représentations des chercheurs. La deuxième partie portant sur la relation Science-société est conçue dans l'optique de connaître et de comprendre par le lien science et société chez les chercheurs, leurs connaissances des représentations sociales et leur participation à des rencontres pour le grand public. La troisième partie porte sur l'éducation. Il s'agira de connaître et de comprendre les liens du chercheur avec les questions éducatives (connaissance du système éducatif, des programmes en lien avec l'objet de recherche du scientifique, positionnement dans la sphère éducative, contribution à des ouvrages pour l'enseignement-apprentissage, interventions dans les classes, rencontre du public scolaire ...), et de les référer aux objectifs d'Astolfi (2000) pour savoir comment les chercheurs se positionnent avec ce cadre. La quatrième et dernière partie a pour objectif de connaître et comprendre le lien du chercheur avec les formes de médiation scientifique (rapport avec la médiation scientifique, travail avec les médiateurs dans des tiers lieux) en appui sur les critères de Eastes (2020) distinguant vulgarisation et médiation. L'architecture détaillée du questionnaire est visible en annexe 1.

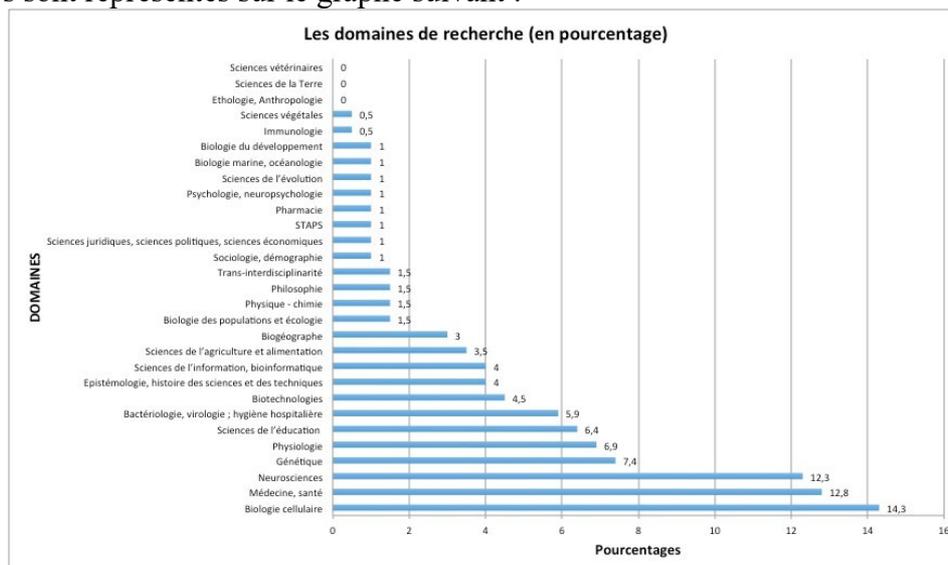
² Unité de Formation et de Recherche

L'appui, d'un point de vue méthodologique, sur les travaux de Barthes et Lange (2018) à propos des postures de chercheurs en éducation vis-à-vis du développement durable, ainsi que ceux - plus anciens - de Bonneuil (2006) à propos des chercheurs biologistes dans la controverse sur les OGM, a permis de montrer que l'étude des postures des chercheurs nous aident à mieux cerner leur engagement et leurs responsabilités face à des enjeux éducatifs ou sociétaux. Dans cette même perspective d'établir des postures, cette étude avec une analyse statistique réalisée avec le logiciel Excel et catégorielle à l'aide du logiciel IRaMuTeQ³, nous renseigne sur les niveaux de définition du vivant des chercheurs, sur leur implication dans la société, sur leurs pratiques médiatiques et sur l'approche éducative de leur recherche pour un public scolaire.

Résultats

Caractéristiques des chercheurs de l'échantillon

Autant d'hommes que de femmes ont répondu, âgés en majorité entre 41 et 55 ans, ayant plus de 15 ans d'exercice. Les chercheurs qui ont répondu exercent dans les régions suivantes : en majorité en Ile de France, Auvergne-Rhône-Alpes, Occitanie, Normandie, Grand-est et Provence-Alpes-Cotes d'Azur. Pour la moitié, ils sont chargés de recherche, maitres de conférences et 20% d'entre eux sont directeurs de recherche ou professeurs d'université. L'enquête a touché 10% de doctorants et 8% post doctorants. Leurs domaines de recherches sont représentés sur le graphe suivant :



Graphique des domaines de recherche représentés dans l'échantillon en pourcentage (calculé en pourcentage des réponses, N= 202)

Les domaines les plus représentés sont la biologie cellulaire, la médecine, la santé et les neurosciences (40%). Les domaines avec peu de répondants sont les sciences humaines et sociales. Cela correspond aussi au fait de ne presque pas avoir eu de retour des unités de recherche dans ces domaines.

³ IRaMuTeQ : logiciel d'interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires.

Principaux résultats obtenus concernant les quatre domaines

Domaine 1 : Le vivant

En recoupant les définitions, les mots clés et les propositions, voici ce qui domine dans le discours des chercheurs : le vivant est, en premier lieu, un *vivant métabolique* puis un *vivant reproduction* et enfin, un *vivant environnement*.

Le vivant relié à son environnement n'est pas un vivant mis en avant par les chercheurs. Cela peut s'expliquer soit par leur domaine de recherche soit par le fait que le statut épistémologique du vivant *milieu* est délaissé. Ce résultat fait écho à l'approche épistémologique du vivant. On retrouve, dans notre enquête empirique, le déficit d'une approche écocentree du vivant pour les chercheurs.

Domaine 2 : Science et société

Les résultats montrent que les chercheurs de l'enquête se déclarent être impliqués dans la communication avec le grand public pour 70% d'entre eux. Les chercheurs communiquent pour le grand public, mais ne connaissent pas vraiment les représentations sociales de leur propre objet de recherche. Ceci reflète encore la mise à l'écart de la communauté scientifique **qui ne souhaite pas que son activité soit entravée par la société.**

C'est ce qu'exprime ici un chercheur :

Chercheur 410 : .../...Et, je dirais, pour le dire simplement : ce qui nous anime, dans mes labos, c'est faire avancer les questions qui se posent en sciences avant toute idée de la place que ca tient dans la société, parce que c'est en tenant proprement la frontière entre le travail quotidien entre scientifiques et les conséquences que ça peut avoir socialement que nous nous assurons que nous ne nous laissons pas contaminer et que nous tenons notre place. .../...

Domaine 3 : Éducation

Il y a environ deux tiers des chercheurs qui déclarent connaître les enjeux éducatifs en lien avec leur propre objet de recherche contre un tiers qui ne les connaissent pas.

La contribution envers un public scolaire est partagée, avec 59% des chercheurs qui contribuent à la diffusion de savoirs scientifiques pour les publics scolaires et, parmi ceux qui participent, les deux formes les plus communément utilisées sont les rencontres avec le public scolaire sous forme de tables rondes, de conférences (50%) et les visites de laboratoire ou visites de terrain (39%). Les chercheurs pouvaient cumuler plusieurs réponses.

Domaine 4 : Médiation

46% des chercheurs se disent proches d'un savoir médié, mais 47% ne communiquent jamais en collaborant avec les médiateurs, contre 5 % qui eux, communiquent très souvent.

Discussion-Conclusion

Que pouvons conclure avec ces résultats d'enquête ?

Du point de vue du concept de vivant

Le savoir scientifique actuel nous emmène vers une autre caractérisation du vivant : modulation du concept « organisme » au bénéfice de « l'holobionte », avec un vivant caractérisé comme circulaire, collectif, et robuste. La recherche empirique met en avant un vivant épistémologique, centré sur le métabolisme et la fonction de reproduction du vivant, ce qui n'a rien de novateur de la part du public étudié.

Du point de vue des échanges avec le grand public et le public scolaire

Il y a une dissonance entre la connaissance des enjeux sociétaux (peu connus) et la communication vers le grand public, alors qu'il y a davantage concordance entre la connaissance des enjeux éducatifs en lien avec leur objet de recherche et l'implication pour communiquer vers le public scolaire.

Du point de vue de la médiation

Les chercheurs se sentent proches d'un savoir médié, mais ils sont peu nombreux à travailler avec des médiateurs. Les obstacles rencontrés s'expliquent par le manque de temps, car ils ont beaucoup de tâches et centrent leur travail sur la recherche, la publication, les tâches administratives. Cependant, ils mettent quasiment tous en avant que la médiation est nécessaire pour « *une diffusion culturelle des avancées scientifiques pour et avec le grand public* », indique un chercheur (Chercheur 596).

Perspectives

À la suite des résultats obtenus dans la partie interrogeant les chercheurs sur l'éducation, à propos de la dominance du format « rencontres avec conférences » données aux élèves par les chercheurs (50% dans l'enquête), l'étude se poursuivra pour comprendre les enjeux de ce type de rencontre : quel type de vivant épistémique est convoqué ? Quels sont les apprentissages des élèves dans ce contexte ? Par observation directe et par le biais d'un questionnaire auprès des élèves, nous pourrions rendre compte de certains aspects témoignant d'une éducation scientifique citoyenne au vivant, dans un contexte particulier, en marge de la forme scolaire dominante.

Bibliographie

- Astolfi, J.P. (2000). L'enseignement scientifique, composante d'une culture pour tous in *Pour une culture commune de la maternelle à l'Université*, dir. Hélène Romian, Hachette Education, p. 365-383
- Barthes, A. (2017). Quels outils curriculaires pour des “ éducations à ” vers une citoyenneté politique ? , *Éducatives*, ISTE OpenScience,17-1 (1), 25-40. hal-01574557
- Barthes, A., et Lange, J.M. (2018). Développement durable, postures et responsabilité sociale des chercheurs en éducation. *Recherches en éducation*.31, 92-109 hal-01694989
- Bonneuil, C. (2006). Cultures épistémiques et engagement public des chercheurs dans la controverse OGM, *Natures Sciences Sociétés*, n° 3, vol. 14, 257-268, [DOI: 10.1051/nss:2006035]
- Canguilhem, G. (1943/1966) (éd. 2009), *Le normal et le pathologique*. Paris : PUF
- Canguilhem, G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin
- Chamla, R. (2008). Posture et positionnement professionnel dans une démarche de développement, dans J-M de Gourvil et M.Kaiser (dir), *Se former au développement social local*, Paris, Dunod.
- Coquidé, M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Orsay : Université d'Orsay Paris-sud.
- Dell'Angello-Sauvage, M., Bernard, M-C et Montgolfier, S. (de) (2016). Analyse des enjeux relatifs au vivant dans les programmes scolaires français et québécois. *Spirale*, 58, 35-52.
- Eastes, R-E., (2020, 26 février). Peut-on se former à la médiation scientifique ? The conversation <https://theconversation.com/peut-on-se-former-a-la-mediation-scientifique-130727>
- Fortin, C. (2018). Le statut épistémique du vivant dans les nouveaux curriculums français de scolarité obligatoire. *Recherche en Didactique des Sciences et Technologies*, 18, 35-56.

- Hamant, O. (2022). *La troisième voie du vivant*. Paris : Odile Jacob.
- Hetier, R. et Wallenhorst N. (2023). *Penser l'éducation à l'époque de l'anthropocène*. Lormont : Le Bord de l'eau.
- Kalali, F. (2023). *Perspectives curriculaires en éducation scientifique*. Collection Paideia, Presses Universitaires de Rennes.
- Larrère, C. et R. (2009). *Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement*. Champs Flammarion.
- MESRI (2021). *Discours de Frédérique Vidal, Sciences avec et pour la société*. <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/discours-de-frederique-vidal-au-museum-national-d-histoire-naturelle-sur-la-thematique-science-avec-45595>
- Ministère de l'Éducation nationale, Conseil supérieur des programmes - Proposition pour renforcer l'éducation au développement durable de l'école au lycée : principes, référentiel, démarches pédagogiques, mars 2023
<https://www.education.gouv.fr/media/150128/download>
- Pelluchon, C. et Euvé, F. (2023). *Espérer malgré tout*. *Études* (Paris. 1897), Juillet-Août (7), 69-80. <https://doi.org/10.3917/etu.4306.0069>
- Rumelhard, G., (2012). *La biologie, élément d'une culture. Connaître et enseigner le vivant, ...pas si simple!* ADAPT Snes
- Selosse, M.A. (2016). *Au-delà de l'organisme, l'holobionte*. *Pour la science*, 469. 81-84
- Simard, C., Bernard, M.C, Fortin C., et Panissal, N. (Dir). (2022). *Eduquer au vivant : Perspectives, recherches, et pratiques*. PUL, Presses de l'Université de Laval.

Annexe 1

Architecture détaillée du questionnaire en ligne

Education scientifique citoyenne

Bonjour,

Pour ma recherche doctorale portant sur l'éducation scientifique citoyenne sur le vivant, je vous sollicite en tant que chercheur.es sur des domaines du vivant. Mes questions sont structurées en 4 grandes sections: 1. Le vivant, 2. Sciences et société, 3. Education et 4. Médiation scientifique.

Le temps consacré est d'environ 20 min.

En espérant recueillir votre adhésion, je vous remercie par avance pour votre collaboration riche et précieuse.

Bien cordialement

Anne QUENTIN

Ecole doctorale Homme, Sociétés Risques et Territoires, Université de Rouen, laboratoire CIRNEF EA 7454, anne.quentin@univ-rouen.fr

Conformément au règlement général sur la protection des données et la loi Informatique et libertés, vous bénéficiez d'un droit d'accès aux données vous concernant, ainsi que d'un droit de rectification, de limitation, d'opposition, de suppression, de portabilité et de définition de directives relatives au sort de vos données que vous pouvez exercer en vous adressant à anne.quentin@univ-rouen.fr (copie à dpo@univ-rouen.fr). Vos données seront traitées uniquement dans le cadre de cette recherche doctorale et seront conservées 5 ans. La base légale du traitement est le consentement. Vous avez la possibilité de le retirer à tout moment. Si vous estimez que vos droits ne sont pas respectés, vous avez la possibilité d'introduire une réclamation auprès de la CNIL (www.cnil.fr).



Il y a 31 questions dans ce questionnaire.

SECTION 1 : LE VIVANT

1. Quelle définition du vivant au 21ème siècle proposeriez-vous en quelques lignes ?

Veillez écrire votre réponse ici :

2. Pourriez-vous donner trois mots clés définissant le vivant ?

3. Parmi les propositions suivantes, lesquelles vous semblent les plus justes pour définir le vivant ? Vous pouvez choisir 3 propositions parmi les 13 :

Vos réponses doivent être différentes, et vous devez les classer dans l'ordre. Veuillez sélectionner 3 réponses. Numérotez chaque case dans l'ordre de vos préférences de 1 à 13.

Veillez choisir au minimum 3 éléments

Veillez cocher au plus 3 élément(s)

1. vivant : métabolique, structural, réplicatif

10. vivant : éducation-apprentissage

11. vivant : productions, transformations, usages

12. vivant : courants de pensées, idéologies, croyances

13. vision juridique/ éthique
2. vivant : organisation, approche fonctionnelle
3. vivant : diversité/unité
4. vivant évolution : approche évolutive
5. vivant : capacité à la reproduction avec variation
6. vivant : expérimental : spécificité, individualisation, totalité, irréversibilité (Canguilhem, 1965)
7. vivant : modèle et modélisation, démarches scientifiques, processus
8. vivant : environnement, milieu de vie, échanges
9. vision anthropologique (relations homme-vivants, histoire)

4. Une définition consensuelle nécessaire...

4.1 Pourriez-vous travailler sans une définition exhaustive du vivant ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- oui
- non
- ne sais pas

4.2 Une définition unique du vivant, de manière exhaustive et précise est impossible

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- non
- ne sais pas

4.3 A la frontière entre le vivant et l'inerte, les virus perturbent toute tentative de définition de la vie : argument recevable ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- plutôt d'accord
- plutôt pas d'accord
- ne sais pas

SECTION 2 : SCIENCES et SOCIETE

5. Connaissez-vous les représentations sociales de votre propre objet de recherche ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui
- non
- ne sais pas

Si oui, pouvez-vous en citer 3 :

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'oui' à la question ' [G02Q07]' (5. Connaissez-vous les représentations sociales de votre propre objet de recherche ?)

6. Etes-vous impliqué.e dans la communication de vos travaux pour le grand public ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- oui

non

Si oui, sous quelle(s) forme (s)?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'oui' à la question ' [G02Q09]' (6. Etes-vous impliqué.e dans la communication de vos travaux pour le grand public ?)

Cochez la ou les réponses

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Conférences , tables rondes
- média télévision
- vidéos chaine you tube, autre
- réseaux sociaux
- publications grand public
- publications littérature jeunesse
- articles presse, tribune de journaux
- média radio
- ateliers recherches participatives avec les citoyens

Si oui, quels types d'actions avez vous pu mener ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'oui' à la question ' [G02Q09]' (6. Etes-vous impliqué.e dans la communication de vos travaux pour le grand public ?)

Cochez la ou les réponses

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- participation à des ateliers lors de la fête de la science (ou autres évènements)
- action dans des tiers lieux scientifiques (présenter votre outil, vos résultats, autres)
- recherche-action collaborative (avec différents acteurs)
- action dans le milieu associatif
- action à l'international
- action dans les institutions françaises (ministères, préfectures, autres...)

7. En 2014 les états généraux de la recherche ajustaient la science à la société; et en avril 2021, le MESRI précise dans un papier « Science avec et pour la société » des objectifs pour rénover la place de la science dans la société.

Quels ont été les impacts de cette proposition au sein de votre unité de recherche ?

Veillez écrire votre réponse ici :

.....
SECTION 3 : EDUCATION

8. Connaissez-vous les enjeux éducatifs en lien avec votre propre objet de recherche ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

oui

non

Si oui, pourriez-vous formuler 2 à 3 enjeux éducatifs en lien avec vos recherches ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'oui' à la question ' [G03Q13]' (8. Connaissez-vous les enjeux éducatifs en

lien avec votre propre objet de recherche ?)

9. Avez-vous contribué à la diffusion de savoirs scientifiques pour le public scolaire ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous. Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

oui

non

Si oui, sous quelle forme ?

Pourriez-vous indiquer dans quelle(s) catégorie(s) voyez-vous votre (vos) contribution(s) ?

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'oui' à la question ' [G03Q15]' (9. Avez-vous contribué à la diffusion de savoirs scientifiques pour le public scolaire ?)

Cochez la ou les réponses

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

écriture de programmes scolaires 2nd degré

publication ouvrages scolaires 1er degré

publication ouvrages scolaires 2nd degré

rencontres public scolaire (conférences, tables rondes)

écriture de programmes scolaires 1er degré

publication ouvrages littérature jeunesse

visites laboratoire ou terrain de recherche

SECTION 4 : MEDIATION SCIENTIFIQUE

10. Quel est votre positionnement vis-à-vis d'un savoir scientifique médié ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

très proche de vos travaux

proche

identique

éloigné

très éloigné

trop éloigné

Autre :

11. Communiquez-vous souvent dans des tiers lieux en collaborant avec des médiateurs scientifiques ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

Jamais

de temps en temps

souvent

très souvent

12. Pensez-vous que la médiation scientifique soit une aide pour la diffusion de vos travaux au sein de la société ? et en quoi ? Veuillez écrire votre réponse ici :

13. Pour vous, la médiation est-elle un vecteur plus ou moins nécessaire à la communication de vos recherches pour un public varié, et non initié ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- nécessaire
- assez nécessaire
- peu nécessaire
- pas nécessaire

SECTION 5 : Votre profil personnel

Votre genre :

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

Masculin Féminin Autre

Votre tranche d'âge :

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 25-40 ans
- 41-55 ans
- 56-65 ans
- plus de 65 ans

Depuis combien d'années exercez-vous votre métier de chercheur ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 0-5 ans
- 6-15 ans
- plus de 15 ans

Quelle est votre région d'exercice ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Auvergne-Rhône-Alpes
- Bourgogne-Franche-Comté
- Bretagne
- Centre-Val de Loire
- Corse
- Grand Est
- Hauts-de-France
- Normandie
- Ile-de-France
- Nouvelle-Aquitaine
- Occitanie
- Pays de la Loire
- Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Régions d'Outre-mer

Quel est votre statut au sein de la communauté de recherche ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

CR, MCF et assimilés

DR, PR et assimilés

Post-doctorant

Doctorant

IGR

Autre

Quel (s) est (sont) votre (vos) domaines(s) de recherche ?

Cochez la ou les réponses.

Veillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Vétérinaire

Sociologie, démographie

Ethnologie, anthropologie

Epistémologie, histoire des sciences et des techniques

Biologie des organismes

Génétique

Neurosciences

Bactériologie-virologie; hygiène hospitalière

Sciences de l'éducation

Biogéographie

Sciences de l'agriculture et alimentation

Médecine, santé

Physiologie

Biotechnologies

Biologie cellulaire

Biochimie-biologie moléculaire

Sciences et techniques des activités physiques et sportives

Sciences juridiques, sciences politiques, sciences économiques

Sciences de l'information, bioinformatique

Biologie des populations et écologie

Sociologie-démographie

Philosophie

Pharmacie

Sciences de la Terre

Autre:

Quelle est la nature exacte de vos travaux actuels de recherche ? Veuillez écrire votre réponse ici :

REMARQUES / QUESTIONS

Vous pouvez déposer vos remarques, questions, attentes par rapport à cette enquête : Veuillez écrire votre réponse ici :

INVITATION

Pour poursuivre plus finement, seriez-vous intéressé.e pour participer à un entretien ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

oui

non

Seriez-vous intéressé.e par les résultats de cette enquête ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

oui

non

Si oui, pourriez-vous écrire votre adresse mel pour que je puisse vous contacter : Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

••••
Veillez écrire votre réponse ici :

Date de clôture 17/11/2023 – 14:00

Envoyer votre questionnaire.

Merci d'avoir complété ce questionnaire.

Un grand merci pour votre participation !

Les pratiques de l'éducateur spécialisé dans la co-activité avec un élève ayant un Trouble du Spectre de l'Autisme

Salem Saaidia¹, Neila Mejri¹, Chiraz Kilani¹

1 : Institut Supérieur de l'Éducation et de la Formation Continue, Tunis

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier les écarts et les similitudes entre les pratiques déclarées et les pratiques effectives d'une éducatrice spécialisée par rapport à la co-activité avec un élève ayant un Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA). Nous nous intéressons en particulier aux dimensions intentionnelle et actionnelle de ces pratiques. En se basant sur la théorie de l'activité, nous avons analysé un enregistrement audio-visuel d'une séance avec une éducatrice spécialisée expérimentée prenant en charge un élève ayant un TSA. Les résultats obtenus permettent de dégager certaines similitudes et certains écarts.

Mots-Clés : Coactivité ; Trouble du Spectre de l'Autisme ; Pratiques ; Éducateur spécialisé.

Les pratiques de l'éducateur spécialisé dans la co-activité avec un élève ayant un Trouble du Spectre de l'Autisme

Introduction

L'inclusion scolaire des élèves ayant un Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) consiste en un défi pour les décideurs et les professionnels de l'éducation (Garnier, 2019). Selon l'American Psychiatric Association (2013), ce trouble neuro-développemental influence simultanément les interactions sociales, la communication verbale et non verbale, ainsi que les comportements tels que les gestes répétitifs, les rituels, les intérêts limités, etc. C'est la raison pour laquelle ces élèves requièrent une prise en charge précoce spécifique pour améliorer leur qualité de vie et développer certaines compétences indispensables à leur scolarisation (MacFarlane & Kanaya, 2009 ; Wei et al, 2014). Dans cette optique, la Tunisie a instauré, en faveur de ces élèves, un programme d'éducation préscolaire (ME & MFFEPA, 2018) et d'éducation préparatoire (ME, 2021) visant à renforcer les compétences fondamentales, notamment en ce qui concerne l'éveil scientifique.

L'intervention éducative spécialisée peut aider l'élève avec un TSA à dépasser ses difficultés (Rogé, 2022). Cette intervention peut toucher plusieurs dimensions telles que l'attention conjointe, la communication fonctionnelle, les troubles de comportement, la co-activité, etc. (Chandler et al. 2007 ; Feldman et al., 2019 ; Hsiao & Sorensen Petersen, 2019 ; Saaidia & El Meddah, 2023 ; Wong et al., 2015). Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons à la co-activité chez l'élève ayant un TSA en étudiant les pratiques de l'éducateur spécialisé en relation. Il est possible que cela représente une piste pour permettre aux enseignants à l'avenir d'avoir des pratiques différenciées efficaces et de résoudre les problèmes rencontrés avec ces élèves.

Cadre théorique

Le concept de la co-activité a été théorisé dans différentes approches théoriques dont la Didactique Professionnelle (Pastré, 2011 ; Vinatier, 2009), la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique (TACD) (Sensevy, 2007), la Théorie de l'Activité (TA) (Engeström, 1987 ; Leontiev, 1981), etc. Elle désigne un processus dans lequel les acteurs effectuent un travail mutuel et de coopération afin d'atteindre un objectif (Saujat, 2009). Elle renvoie aussi à l'interaction entre deux systèmes (enseignant-élèves) pour une visée commune (Venturini, 2012). La co-activité a deux visées principales : une visée productive liée au développement des apprentissages des élèves, d'une part, et une visée constructive qui renvoie au développement des compétences professionnelles de l'enseignant (Numa-Bocage et al., 2012).

Dans le présent travail, nous allons nous focaliser sur la théorie de l'activité. La TA a été initiée par Vygotski (1978) qui s'intéresse aux relations entre sujet-objet-outils dont le rôle médiateur est attribué aux artefacts. Leontiev (1981) a critiqué ce modèle sur l'absence de l'aspect social. Plus récemment, Engeström (1987, 2000) a complété ce modèle en y ajoutant l'élément « communauté » et deux éléments médiateurs : « les règles » et « la division du

travail » (figure 1). Pour Engeström (2005), le système d'activité relie un sujet à sa communauté et permet d'analyser comment les objectifs collectifs sont atteints.

Dans ce modèle, le sujet réfère à l'acteur et « l'objet constitue la cible, la visée de l'activité et l'oriente en vue de l'obtention d'un certain résultat » (Venturini, 2012, p. 130). Selon Engeström (2005), le triangle sujet-communauté-objet est un ensemble de relations dynamiques qui relie l'objet à une communauté de travail. Cette communauté contribue avec le sujet à la transformation de l'objet en résultat. L'outil ou l'instrument médiatise la relation entre le sujet et l'objet. Les règles explicites ou tacites (normes, conventions, procédures administratives, pratiques de travail, relations sociales, qui constituent un « héritage culturel » propre à la communauté) médiatisent la communication entre la communauté et le sujet. Enfin, une certaine forme de division du travail médiatise la relation entre la communauté et l'objet. Cette représentation de l'activité permet de saisir le travail de l'individu et son inscription dans une institution.

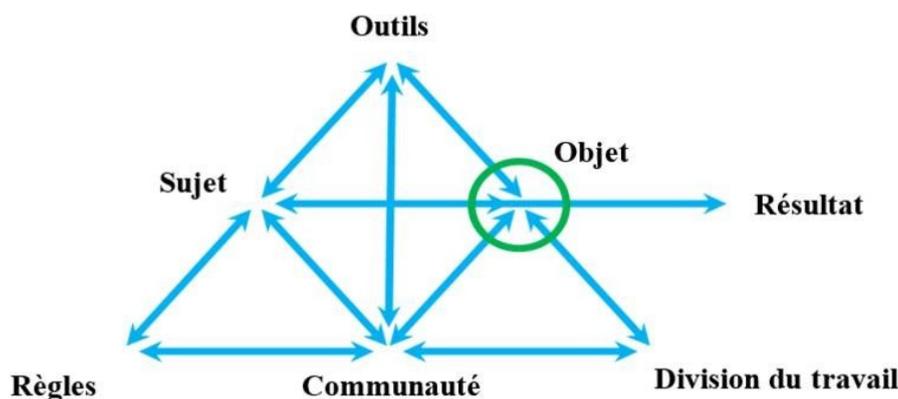


Figure 1 : La représentation graphique du système d'activité collective (Engeström, 1987, p. 78)

Kaptelinin (1996) a distingué entre les différents principes de la théorie de l'activité. Le premier principe orienté-objet (*object orientation*) considère que chaque activité humaine est dirigée vers des objets matériels ou symboliques ou sociales et culturelles. Le deuxième principe médiation dans lequel l'activité crée des outils de médiatisation entre le sujet et le motif. Le troisième est le principe de la structure hiérarchique d'activité qui repose sur l'idée que chaque activité donne lieu à un ensemble d'actions. Le quatrième principe relatif à la dualité internalisation/ externalisation renvoie au mécanisme à l'origine des processus mentaux. Le dernier principe de développement considère les interactions entre les individus et leur environnement comme source de développement.

Problématique et question de recherche

Dans le cadre de ce travail, nous nous proposons d'examiner, selon le modèle d'Engeström (1987, 2001), les pratiques déclarées et les pratiques effectives de l'éducateur spécialisé par rapport à la co-activité avec un élève ayant un TSA dans le cadre de l'enseignement de l'éveil scientifique. Ce choix est motivé par l'écart, entre ces deux pratiques, signalé dans plusieurs travaux de recherches (Altet, 2017 ; Dehon & Derobertmasure, 2015 ; Talbot & Arrieu-Mutel, 2012). Nous nous intéressons en particulier aux dimensions intentionnelle et

actionnelle des pratiques de l'éducateur spécialisé. Ce qui nous amène à la question de recherche suivante : quels écarts et quelles similitudes se dégagent entre les dimensions intentionnelle et actionnelle des pratiques déclarées et effectives de l'éducateur spécialisé par rapport à la co-activité avec un élève ayant un TSA ?

Approche méthodologique

Recueil des données

Afin de répondre à notre question de recherche, nous avons choisi de travailler avec une éducatrice spécialisée ayant 10 ans d'expérience prenant en charge un élève ayant un TSA âgé de 5 ans. Pour les pratiques effectives, nous avons filmé une séance de 30 minutes portant sur l'application de la méthode ABA¹. Pour étudier ses pratiques déclarées, nous avons mené avec cette éducatrice un entretien semi-directif pré-séance. Les thèmes abordés dans le guide de l'entretien sont : la représentation de la co-activité avec un élève ayant un TSA, les instruments utilisés et les règles nécessaires à la réalisation de cette co-activité.

Analyse des données

L'entretien a été transcrit manuellement et la vidéo a été traitée à l'aide du logiciel Transana (figure 2).

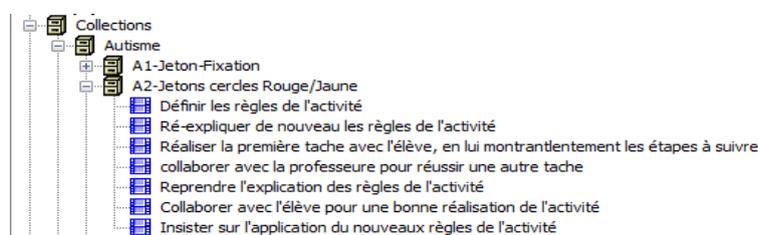


Figure 2 : Traitement de l'activité jetons cercles rouge/jaune par le logiciel Transana

Ces données audio-visuelles sont traitées en utilisant des mots-clés représentatifs de trois éléments du modèle d'Engeström (1987) : le sujet participant, les instruments, les règles propres à la réalisation de l'activité et l'objet. Le tableau 1 illustre la répartition de ces éléments selon les deux dimensions des pratiques.

¹ Applied Behaviour Analysis est une méthode d'intervention éducative qui consiste à analyser les comportements afin de comprendre les lois en fonction desquelles l'environnement les influence, puis à élaborer des stratégies pour les modifier (Magerotte & Willaye, 2010)

	<i>La dimension intentionnelle</i>	<i>La dimension actionnelle</i>
Éléments du modèle d'Engeström (1987)	<ul style="list-style-type: none"> - Sujet participant (éducatrice/élève) - Objet (développer les compétences communicatives/ aider à la concentration/ favoriser la mémorisation/ partager de l'émotion). 	<ul style="list-style-type: none"> - Instruments (matériels/symboliques) ; - Règles propres à la réalisation de l'activité (explicites/tacites/contrat didactique/contrat pédagogique).

Tableau 1 : La répartition des éléments du modèle d'Engeström (1987) selon les deux dimensions des pratiques

Synopsis de la séance

La séance enregistrée s'inscrit dans le cadre des activités de l'éveil scientifique développées dans le curriculum du cycle préparatoire (ME, 2021, p. 34) et le référentiel pédagogique de l'éducation préscolaire (ME & MFFEPA, 2018, p. 121). Elle consiste en une activité de jetons cercles rouge/jaune basée sur la méthode ABA. L'élève (E) doit à chaque fois prendre un jeton par une cuillère et le mettre selon sa couleur dans le flacon correspondant (tableau 2).

Activité : Jetons cercle Rouge/Jaune			
ES – E (S)			
Demande (Une directive donnée à l'élève pour qu'il effectue une action)	Comportement (Une réponse de l'élève)	Conséquence (Une réaction de l'éducatrice)	Photogramme
<p>ES : (... l'éducatrice met sa main tout doucement sur la main droite de l'élève et l'aide à mélanger les jetons en cercle de couleur rouge et jaune dans le récipient plein d'eau, et en s'adressant à l'élève). Allez prenez, prenez la couleur, allez prenez l'une des couleurs.</p> <p>ES : (L'éducatrice intervient de nouveau en disant)-Prenez la couleur jaune. (L'éducatrice met sa main sur la main droite de l'élève en essayant de l'aider à prendre les jetons et sans les faire tomber de nouveau, en s'adressant encore)-Allez, prenez les jetons jaunes.</p>	<p>E : (L'élève réussit à prendre par la cuillère deux jetons de couleur différent jaune et rouge, mais brusquement il les fait tomber de nouveau dans le récipient. À ce moment il reprend l'essai de nouveau).</p> <p>E : (L'élève se précipite de mettre le jeton de couleur jaune dans le flacon jaune. Enfin il réussit la tâche demandée).</p>	<p>ES : (L'éducatrice demande à l'élève de prendre par la cuillère un jeton de l'une des couleurs...)</p> <p>ES : Très bien, très bien. Allez continu.</p>	  

Tableau 2 : Tableau illustrant le déroulement de l'activité jetons cercle rouge/jaune

La représentation graphique du système d'activité de l'éducatrice

L'activité de l'éducatrice spécialisée a été modélisée selon la représentation graphique du système d'activité proposée par Engeström (1987) comme l'indique la figure 2.

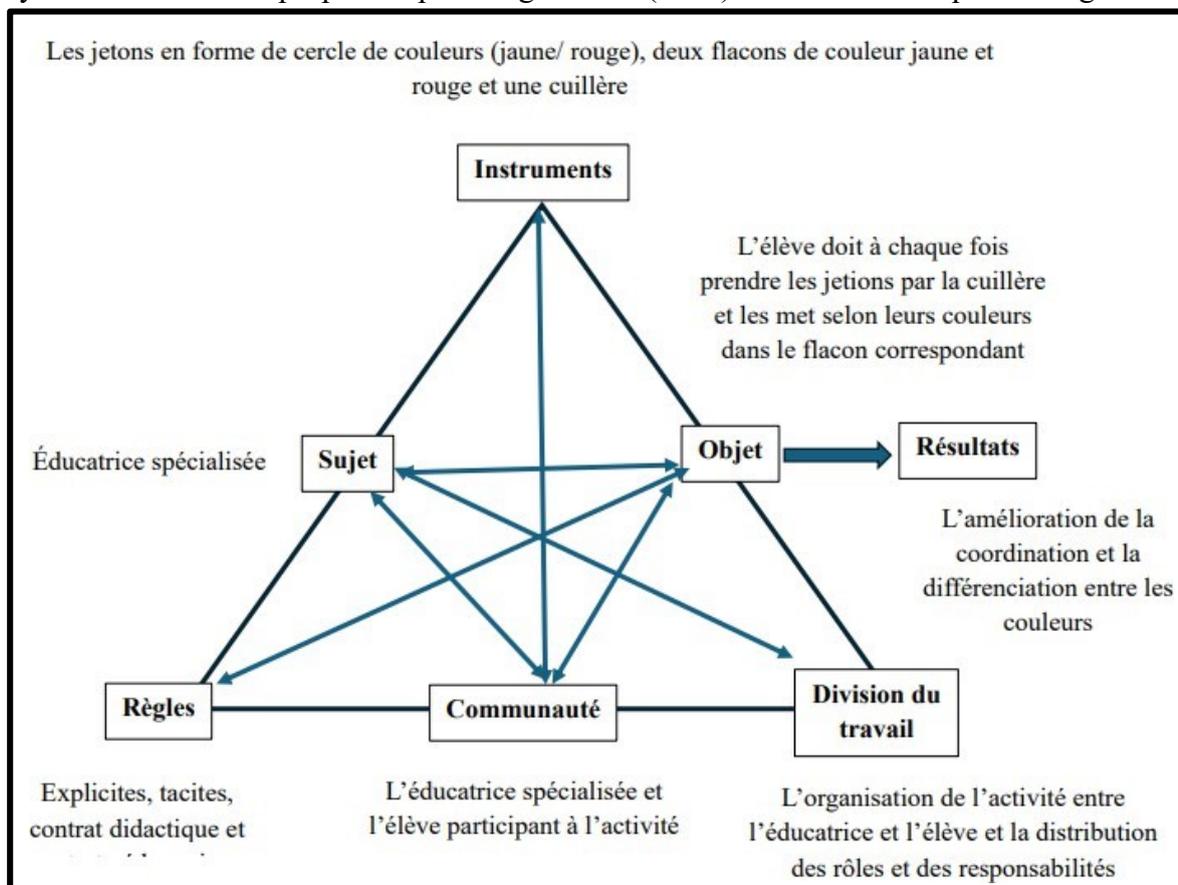


Figure 2 : Schéma de l'activité proposée par l'éducatrice selon le système d'activité (Engeström, 1987)

La co-activité avec l'élève ayant un TSA : entre la dimension intentionnelle et la dimension actionnelle des pratiques de l'éducateur spécialisé

La dimension intentionnelle

À partir des données recueillis, nous avons dégagé la dimension intentionnelle dans les pratiques déclarées et les pratiques effectives de l'éducatrice spécialisée par rapport à la co-activité avec un élève ayant un TSA :

❖ Le sujet participant dans l'activité :

- *La pratique déclarée* : l'éducatrice déclare que la co-activité avec un élève ayant un TSA est « une activité collective afin d'atteindre un objectif d'apprentissage et en favorisant l'autonomie de l'élève ».
- *La pratique effective* : le traitement de l'enregistrement audio-visuel (figure 3) de la séance nous montre que la participation de l'éducatrice dans l'activité est la plus

élevée (40%) par rapport à celle de l'élève (0%) ce qui montre qu'elle prédomine le processus d'enseignement-apprentissage.

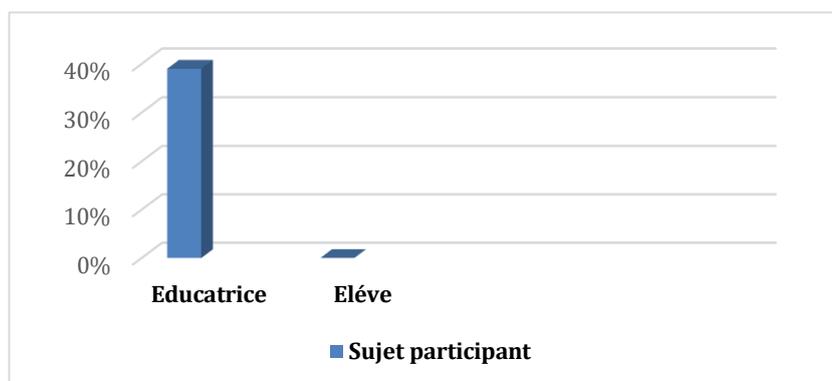


Figure 3 : répartition des mots-clés en pourcentage du sujet participant dans l'activité.

❖ **L'objet :**

- *La pratique déclarée* : elle déclare que son objectif lors de la co-activité est « de développer les habilités de communication chez l'élève ».
- *La pratique effective* : à partir de la figure 4, nous remarquons que l'éducatrice cherche à développer plus les compétences de la communication et de la concentration que la mémorisation et le partage d'émotion.

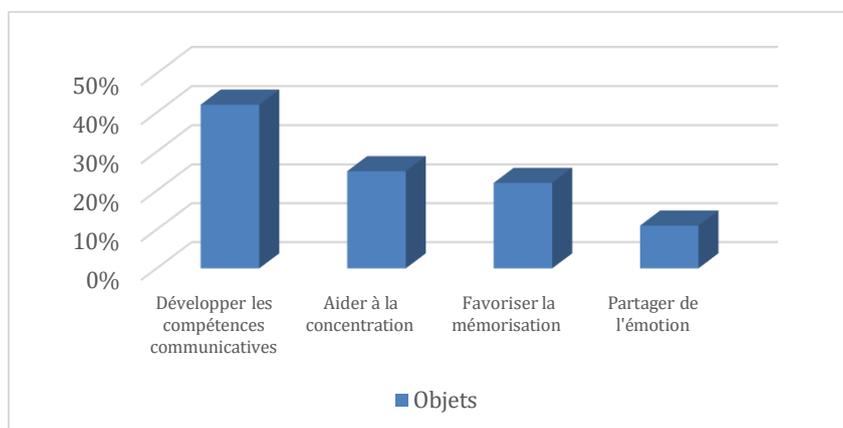


Figure 4 : répartition des mots-clés en pourcentage des objets l'activité.

La dimension actionnelle

Concernant la dimension actionnelle des pratiques déclarées et effectives de l'éducatrice spécialisé, nous avons trouvé les résultats suivants :

❖ **Les instruments utilisés :**

- *La pratique déclarée* : l'éducatrice déclare qu'elle utilise « les objets concrets comme les jouets ou l'argile, etc. ».
- *La pratique effective* : cette pratique (figure 5) de l'éducatrice se caractérise par le recours plus aux instruments matériels (les jetons) qu'aux instruments symboliques (consignes verbales et gestuelles).

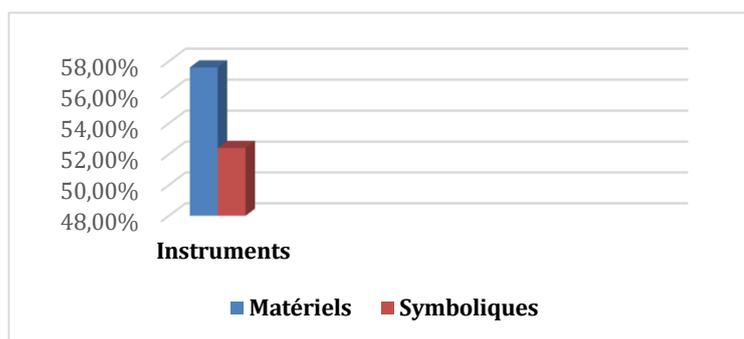


Figure 5 : répartition des mots-clés en pourcentage des instruments utilisés

❖ **Les règles d'action :**

- *La pratique déclarée :* l'éducatrice précise « *qu'il faut, d'abord, collecter les informations nécessaires sur les besoins de l'élève puis préciser l'objectif de la co-activité ainsi que la démarche adéquate en expliquant l'activité à l'élève* ».
- *La pratique effective :* la figure 6 montre la dominance du contrat didactique par rapport au contrat pédagogique. Cette figure montre également que les règles explicites et implicites sont peu présentes.

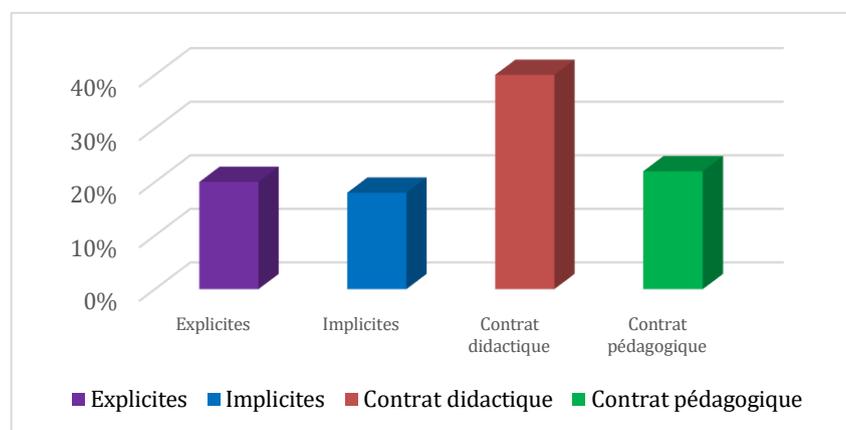


Figure 6 : répartition des mots-clés en pourcentage des règles propres à la réalisation de l'activité.

Discussion et conclusion

L'objectif de ce travail était la comparaison entre les dimensions intentionnelle et actionnelle des pratiques déclarées et effectives de l'éducatrice spécialisée dans le cadre de la co-activité avec l'élève ayant un TSA. L'analyse de la dimension intentionnelle des pratiques effectives de l'éducatrice spécialisée montre qu'il y a une cohérence entre ces pratiques et l'objectif déclaré à savoir : le développement des compétences communicatives chez l'élève. Cet objectif est selon Chandler & al. (2007) et Hsiao & Petersen (2018), une visée majeure de l'intervention éducative spécialisée. Alors qu'elle déclare favoriser l'autonomie de l'élève dans son apprentissage, l'analyse de sa pratique effective montre qu'elle est caractérisée par un guidage strict. Ce guidage strict pourrait être le résultat de l'application de la méthode ABA (Magerotte & Willaye, 2010).

Concernant la dimension actionnelle, la prédominance du contrat didactique, en tant qu'une règle d'action dans la pratique effective, est conforme avec ce que l'éducatrice déclare à propos de l'importance de l'explication de la tâche à réaliser. Cela suggère que l'éducatrice

accorde une grande importance à la communication claire et à l'explication des tâches aux enfants, ce qui est cohérent avec l'utilisation des consignes verbales et des gestes. Bien qu'elle déclare n'utiliser que les instruments matériels (les jouets), l'analyse de la pratique effective montre qu'elle utilise des instruments matériels et symboliques (les consignes verbales et les gestes). Ceci pourrait être expliqué par le fait que l'éducatrice ne considère pas les consignes verbales et les gestes comme des instruments. Cette focalisation sur les instruments matériels au détriment des instruments symboliques peut résider dans l'importance de l'aide visuelle dans l'apprentissage chez l'élève ayant un TSA.

Il semble que les pratiques effectives de l'éducatrice vont à l'encontre des principes de la co-activité à savoir : le développement des apprentissages, de la communication et de l'interaction et de l'autonomie chez l'élève (Feldman et al., 2019 ; Hume et al., 2014 ; Numa-Bocage et al., 2012). Ce constat pourrait s'expliquer notamment par les difficultés à gérer le comportement d'un enfant autiste.

Pour aller plus avant dans la caractérisation des pratiques des éducateurs spécialisés par rapport à la co-activité avec un élève ayant un TSA et pour identifier la genericité et la spécificité de ces pratiques, il resterait d'interroger et d'observer d'autres éducateurs sur d'autres séances. Bien que notre travail soit focalisé sur une étude de cas, les résultats obtenus peuvent avoir un intérêt sur la formation des éducateurs spécialisés notamment l'importance de proposer des cycles de formation sur la co-activité et les evidence-based practice en faveur des personnes ayant un TSA.

Bibliographie

- Altet, M. (2017). L'observation des pratiques enseignantes effectives en classe : recherche et formation. *Cadernos De Pesquisa*, 47(166), 1196-1223. <https://doi.org/10.1590/198053144321>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders- DSM 5*. American Psychiatric Publishing.
- Chandler, S., Charman, T., Baird, G., Simonoff, E., Loucas, T., Meldrum, D., Scott, M., & Pickles, A. (2007). Validation of the social communication questionnaire in a population cohort of children with autism spectrum disorders. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 46(10), 1324-1332. <https://doi.org/10.1097/chi.0b013e31812f7d8d>
- Dehon, A. & Derobertmeasure, A. (2015). Entre pratiques effectives et pratiques déclarées : un cadre d'analyse. *Revue éducation & formation*, e-303, 25-36.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding. An activity theoretical approach to developmental research*. Orienta Konsultit.
- Engeström, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43 (7), 960-974. [10.1080/001401300409143](https://doi.org/10.1080/001401300409143)
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156. <https://doi.org/10.1080/13639080123238>
- Engeström, Y. (2005). *Developmental work research: expanding activity theory into practice*. Lehmanns Media.
- Feldman, M., Maye, M., Levinson, S., Carter, A., Blacher, J., & Eisenhower, A. (2019). Student-teacher relationships of children with autism spectrum disorder: Distinct

- Les pratiques de l'éducateur spécialisé dans la coactivité avec un élève ayant un TSA
contributions of language domains. *Research in developmental disabilities*, 89, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.03.006>
- Garnier, P. (2019). Comment favoriser l'inclusion scolaire des élèves avec des troubles du spectre de l'autisme : Dilemmes et transformations des enseignants spécialisés. *Corps & Psychisme*, 74, 159-172. <https://doi.org/10.3917/cpsy2.074.0159>
- Hsiao, Y.-J., & Sorensen Petersen, S. (2019). Evidence-Based Practices Provided in Teacher Education and In-Service Training Programs for Special Education Teachers of Students With Autism Spectrum Disorders. *Teacher Education and Special Education*, 42(3), 193-208. <https://doi.org/10.1177/0888406418758464>
- Hume, K., Boyd, B. A., Hamm, J. V., & Kucharczyk, S. (2014). Supporting Independence in Adolescents on the Autism Spectrum. *Remedial and Special Education*, 35(2), 102-113. <https://doi.org/10.1177/0741932513514617>
- Kaptelinin, V. (1996). Activity Theory: Implications for human-computer interaction. In B. Nardi, (Eds.), *Context and Consciousness: Activity theory and human-computer interaction* (pp. 103-116). MIT Press.
- Leontiev, A. N. (1981). The problem of activity in psychology. In J.V. Wertsch (Eds.), *The concept of activity in Soviet psychology*. M. E. Sharpe. [10.2753/RPO1061-040513024](https://doi.org/10.2753/RPO1061-040513024)
- MacFarlane J.R., & Kanaya, T. (2009). What does it mean to be autistic? inter-state variation in special education criteria for Autism services. *Journal of Child and Family Studies*, 18(6), 662–669.
- Magerotte, G. & Willaye, É. (Dir) Forget, J., Rivard, M. (2010). *Intervention comportementale clinique : Se former à l'A.B.A.*. De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.mager.2010.01>
- Ministère de l'Éducation & Ministère de la Femme, de la Famille, de l'Enfance et des Personnes Agées. (2018). *Référentiel pédagogique de l'éducation préscolaire*. Centre National Pédagogique.
- Ministère de l'Éducation (2021). *Curriculum du cycle préparatoire*. Centre National Pédagogique.
- Numa-Bocage, L., Clauzard, P. & Pastré, P. (2012). Activité enseignante et didactique professionnelle : analyse de la co-activité en situation scolaire. In M. Altet (Eds), *Observer les pratiques enseignantes* (pp. 207-221). L'Harmattan. <https://doi.org/10.3917/har.cifal.2012.01.0207>
- Pastré, P. (2011). *La didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes*. Presses Universitaires de France.
- Rogé, B. (2022). *Autisme, comprendre et agir : Santé, éducation, insertion*. Dunod.
- Saaidia, S. & El Meddah, F. (2023). Les logiques pratiques des éducateurs spécialisés à propos du Trouble du Spectre de l'Autisme. *Mediterranean Journal of Education*, 3 (2), 46-46.
- Saujat, F. (2009). L'analyse du travail comme source et ressource de formation : le cas de l'orientation en collège. In M, Durand (Eds.), *Travail et formation des adultes* (pp. 245-274). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.duran.2009.01.0245>
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier, (Eds.), *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 13-49). Presses Universitaires de Rennes.
- Talbot, L. & Arrieu-Mutel, A. (2012). Décrire, comprendre et expliquer les pratiques d'enseignement d'un professeur de lycée. *Éducation & didactique*, 6, 65-

Les pratiques de l'éducateur spécialisé dans la coactivité avec un élève ayant un TSA

95. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.1504>

Venturini, P. (2012). Action, activité, « agir » conjoints en didactique : discussion théorique.

Éducation et didactique, 6(1), 127-136.

<https://doi.org/10.4000/educationdidactique.1348>

Vinatier, I. (2009). *Pour une didactique professionnelle de l'enseignement*. Presses universitaires de Rennes.

Vygotsky, L. (1978 / 1930). *Mind in society : The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wei, X., Christiano, E. R. A., Yu, J. W., Blackorby, J., Shattuck, P., & Newman, L. A. (2013). Postsecondary Pathways and Persistence for STEM Versus Non-STEM Majors: Among College Students with an Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(5), 1159-1167. [10.1007/s10803-013-1978-5](https://doi.org/10.1007/s10803-013-1978-5)

Wong, C., Odom, S. L., Hume, K. A., Cox, A. W., Fettig, A., Kucharczyk, S., Brock, M. E., Plavnick, J. B., Fleury, V. P., & Schultz, T. R. (2015). Evidence-Based Practices for Children, Youth, and Young Adults with Autism Spectrum Disorder: A Comprehensive Review. *Journal of autism and developmental disorders*, 45(7), 1951–1966. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2351-z>

Essaimer un curriculum d'enseignement possible dans une formation de professeurs des écoles

Frédéric Charles¹

1 : LDAR, CY Paris université

Résumé

Cette communication rend compte de l'analyse de l'essaimage d'un *curriculum* d'enseignement possible dans une formation pour des professeurs des écoles (PE) à la matière éducative « Questionner le monde du vivant, des objets et de la matière » (QVOM) du début de l'école élémentaire. Dans une perspective théorique de didactique du curriculum, deux corpus de données sont analysés, l'un recueilli en cycle 2 et l'autre à l'INSPE. Ces analyses permettront de questionner les relations entre recherche/formation et pratique.

Mots-Clés : Didactique du curriculum ; Essaimage ; Recherche ; Formation ; Pratique ; Cycle 2 ; INSPE.

Essaimer un *curriculum* d'enseignement possible dans une formation de professeurs des écoles

Questionner le monde du vivant, des objets et de la matière du cycle 2 à l'INSPE¹

Contexte du travail

L'objet central de cette communication est l'analyse de l'essaimage d'un *curriculum* d'enseignement possible dans une formation pour des professeurs des écoles (PE) à la matière éducative (Lebeaume, 2011) « Questionner le monde du vivant, des objets et de la matière » (QVOM) du début de l'école élémentaire.

Ces travaux sont menés par un groupe de recherche collaborative orientée vers la conception (Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015). Ainsi, dans ce texte, le terme d'essaimage est préféré à celui de transfert pour les mêmes raisons que celles développées par Monod-Ansaldi et Chabanne (2022) : ils lient étroitement recherche collaborative et essaimage afin de questionner les relations entre recherche, pratique et formation. L'essaimage constitue un travail de longue durée ; il s'appuie sur la réalité empirique des groupes de recherche collaborative et constitue une manière de travailler la montée en puissance supposée dans l'utilité de ces dispositifs, puis leur utilisabilité et enfin leur acceptabilité (Renaud, 2020) ; l'essaimage constitue le passage des résultats des recherches sur la pratique vers des recherches sur la formation à ces pratiques.

Enjeux socio-éducatifs

Face aux défis environnementaux, climatiques et sociaux auxquels l'humanité doit faire face, il est important que l'École construise des fondements solides au *curriculum* d'éducation scientifique et technologique (EST) à l'école primaire (Auteur et al., 2024). Or, cette EST demeure trop fragile : les résultats des élèves sont médiocres aux tests PISA (2019, 2022) ; les PE mettent peu et mal en œuvre l'EST dans leurs classes selon un récent rapport de l'Inspection Générale (2023).

Il est supposé que pour améliorer les pratiques en EST à l'école primaire, une forte attention doit être mise sur la formation des enseignants (Chastenay et al. (2023), il s'agit alors « d'éduquer l'éducateur » et de penser les compétences professionnelles des PE comme le fruit d'une formation rationnelle de professionnalisation issue de la recherche (Auteur et al., 2018 ; Fabre et Lang, 2000).

¹ INSPE : Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation.

Cadre théorique

Positionnement théorique de didactique du curriculum

L'analyse du contenu de l'ensemble des numéros de la RDST (2010-2023) dont est extrait un *corpus* de 25 articles préoccupés par l'EST à l'école primaire met au jour que non seulement l'école primaire est le segment scolaire le moins investigué mais en plus, qu'au sein de l'école primaire, c'est le cycle 2 qui est le moins travaillé par la communauté des didacticiens des sciences et des technologies.

Cette analyse montre que des cadres théoriques variés sont utilisés par les didacticiens des sciences et des technologies. La recherche restituée ici s'enracine dans les travaux de didactique du *curriculum* (par exemple : Auteur et *al.*, 2024 ; Lange, 2011 ; Lebeaume, 2019 ; Martinand, 2014) et prend en charge des questions proposées par Dillon (2009) pour investiguer un *curriculum*, notamment sur l'organisation des contenus d'apprentissage et la formation des enseignants.

Cette perspective de didactique du *curriculum* permet, comme le précise Martinand (2014), de dépasser et de surplomber les disciplines scolaires. Cette orientation est idéale pour travailler des *curricula* non disciplinaires, comme l'éducation au développement durable (Lange, 2011). Les disciplines étant absentes à l'école primaire (il s'agit de domaines d'apprentissage et de matières qui renvoient à l'EST), la didactique du *curriculum* est congruente pour aborder l'EST pour l'école primaire (Auteur et *al.*, 2024).

Cette orientation privilégie le questionnement curriculaire proposé par Martinand (2012) sur les différentes dimensions du *curriculum* : *curriculum* prescrit constitué par les textes officiels ; *curriculum* produit qui focalise les pratiques enseignantes ; *curriculum* co-produit qui privilégie les apprentissages des élèves ; *curriculum* possible, conçu par les chercheurs. Dans cette communication la focalisation est faite sur le *curriculum* possible en situation d'enseignement et en situation de formation. L'analyse de la situation d'enseignement possible constitue un matériau pour le chercheur pour élaborer une formation *ad hoc*. Ainsi essaimer constitue l'utilisation de ce matériau issu de la recherche et de la pratique en formation.

Science en contexte et albums de fiction réaliste

Ce travail sur le *curriculum* possible s'inscrit dans deux champs de travaux sur l'enseignement des sciences :

1. Tout d'abord, celui appelé en anglais *science in context approach* (enseignement des sciences en contexte) fondé sur une approche non disciplinaire car le monde n'est pas disciplinaire (Audigier, 1997). Ces recherches (par exemple : King & Ritchie, 2012 ; Kuhn & Müller, 2014 ; Sadler & Zeidler, 2009) proposent des situations d'enseignement situées hors des frontières classiques des disciplines scolaires et montrent leur intérêt pour la motivation et les apprentissages des élèves.
2. Ces modalités d'enseignement sont particulièrement congruentes avec le *curriculum* non disciplinaire de l'école primaire. C'est dans cette perspective de *science in*

context approach que des travaux ont été menés pour questionner la pertinence d'utiliser les récits d'albums de fiction réaliste (Bruguière, 2019) en classe d'EST à l'école primaire. Ces albums constituent des objets de contextualisation (Rivet et Krajcik, 2008) ; des travaux ont montré la pertinence de ce type d'albums pour modéliser, questionner et problématiser le monde du vivant et de la matière (par exemple pour la biologie et la physique : Bruguière, 2019 ; Auteur, 2022 ; Soudani et al., 2012).

Problématique et questions de recherche

Ce cadre théorique permet d'investiguer la problématique du travail sur le *curriculum* possible d'EST à l'école primaire tout en tenant compte de ses spécificités (absence de disciplines clairement constituées, enseignants spécialistes/polyvalents, connexité des enseignements).

Si le *curriculum* possible suppose « un travail de recherche qui permet de concevoir par un effort exploratoire et prospectif, en repoussant les limites de l'existant et en sortant des routines, traditions et coutumes installées » (Lange et Martinand, 2010), il est postulé que travailler ce *curriculum* possible n'est réalisable que par une approche collaborative : travailler avec les enseignants, partir de leurs pratiques ordinaires, de leur spécialité (Auteur et al., 2024) permet de les bousculer tout en restant dans le domaine du possible.

Dans cette communication sont prises en charge les questions suivantes :

- quels sont les apprentissages possibles en cycle 2 en QVOM à propos d'une combinaison spatiale évoquée dans un album de fiction réaliste ? Ces apprentissages sont notamment posés en termes de début de problématisation sur les fonctions techniques d'une combinaison spatiale et comment elle rend possible le maintien de la vie de l'astronaute ? ;
- dans quelle mesure est-il possible d'essaimer des connaissances scientifiques et didactiques chez des étudiants de Master 2 à propos de cette séquence de QVOM pour les préparer à la prise en charge de l'EST au cycle 2 ?

Cadre méthodologique

Corpus constitués

La recherche a été menée au sein du groupe LéA² SPEEST³ qui a implémenté des actions dans une classe de cycle 2 et à l'INSPE. Les données empiriques sont issues de deux temps successifs et constituent deux *corpus* :

² LéA : Lieu d'éducation Associé à l'IFÉ (Institut Français de l'Éducation) de Lyon.

³ SPEEST : Spécialité des Professeurs des Écoles et Éducation Scientifique et Technologique (2021-2024).

1. Le premier renvoie à la mise en œuvre d'une séquence de cycle 2 par une enseignante du LéA (en CP-CE1 ; 13 élèves) en présence du chercheur en septembre 2023. Cette proposition de *curriculum* possible, construite par le collectif du LéA, visait un travail sur le monde de la matière et du vivant à partir d'un questionnement initial sur l'objet « combinaison spatiale ».

Ces données sont constituées par :

- Des dessins individuels récoltés en première séance. Ils constituent un relevé des connaissances préalables. Il leur a été demandé : « Dessine de quoi a besoin un être humain pour vivre sur la Lune » ; ces dessins ont ensuite été annotés avec les commentaires faits par chaque élève.
- La transcription des discussions collectives lors des deux premières séances sur le rôle des différentes parties de la combinaison spatiale en lien avec les conditions physico-chimiques dans l'espace.

Ce premier ensemble de données permet d'accéder aux apprentissages possibles des élèves de cycle 2 à propos du questionnement problématisé d'un objet technique rendant nécessaire l'approche du monde du vivant et de la matière.

2. Le second *corpus* renvoie à la mise en œuvre d'une formation par le chercheur/formateur en février 2024, observé par trois PE du LéA. Ce *curriculum* de formation possible, conçu collectivement, s'adosse au *curriculum* conçu précédemment. Les données recueillies sont de deux types :

- Des analyses écrites des étudiants des matériaux apportés par le formateur : l'album *Classe de Lune* (Hare, 2019) utilisé dans la séquence de cycle 2 ; la séquence produite et implémentée par le LéA ; les données recueillies (le *corpus* précédent) ; des articles de recherche en didactique ;
- Les idées préalables des étudiants sur l'enseignement de la Lune en cycle 2 et leur appréciation globale de la formation en termes d'apports pour enseigner en classe la matière QVOM.

Ce second ensemble de données permet d'accéder aux apprentissages possibles des étudiants à propos de l'enseignement de la matière QVOM au cycle 2.

Cadres d'analyse

- Le premier cadre d'analyse s'enracine principalement dans des travaux de didactique des apprentissages :
 - À propos de la respiration, Paccaud (1991) propose une analyse des origines des représentations: par exemple, le langage commun qui évoque la fonction biologique (« bon air et mauvais air » en relation avec l'environnement) ou les manifestations extérieures du fonctionnement interne (l'air entre et sort rapidement et semble être le même, inchangé).
 - À propos de l'air, Plé (1997) propose une analyse dans un cadre bachelardien des obstacles rencontrés par les élèves en élémentaire : un

obstacle cognitif (lié à la perception première qui domine dans ce cas : l'air n'est pas de la matière, ni un mélange de gaz) et un obstacle langagier (il y a de l'air s'il y a du mouvement, du vent... « courant d'air » ; « va prendre l'air ! »).

Ce cadre d'analyse vise la mise au jour des obstacles épistémologiques et des apprentissages des élèves.

- Le second cadre d'analyse s'inscrit dans les typologies de pratiques de PE proposées dans d'autres travaux de didactique du *curriculum* (Bisault, 2010 ; Ledrapiet, 2010). Ces typologies permettent d'analyser les productions des étudiants de l'INSPE (séances et séquences notamment).

Résultats

Sur le curriculum d'enseignement

En ce qui concerne le *curriculum* d'enseignement, l'analyse des données montre globalement l'intérêt de l'album pour questionner conjointement le monde du vivant, des objets et de la matière grâce à l'objet « combinaison spatiale ».

Plus précisément, les analyses des dessins montrent que les enfants de cycle 2 pensent majoritairement (12 sur 13) qu'une combinaison spatiale est nécessaire pour vivre sur la Lune dont ils distinguent différentes parties (notamment le casque et le sac à dos).

Le tableau ci-dessous propose l'analyse des données des premières séances. Il met en évidence dans la première colonne que les élèves ont questionné l'objet « combinaison spatiale » en menant un début d'analyse fonctionnelle. Les colonnes « exemple » et « interprétation » permettent de mettre au jour les savoirs des élèves et les obstacles relatifs au monde du vivant et de la matière.

Partie de la combinaison	Exemple	Interprétation
Fonction du casque (respirer)	« Le casque permet de voir, c'est un peu comme une vitre » (Loukas) « Le casque permet au mauvais air de pas rentrer dans la combinaison » (Clara) « S'ils retirent leur casque, ils vont respirer le mauvais air pour leur corps » (Lucas) « Non , il n'y a pas d'air dans l'espace, tu ne peux plus respirer » (Baptiste)	La question de la transparence et de l'étanchéité est posée, mais il n'existe pas de consensus entre les élèves. Cela pose un problème qui sera traité par la suite : sur la Lune (ou dans l'espace) : pas d'air ou du mauvais air ?

Fonction du casque (protéger Soleil)	du du	« Tu peux te brûler les yeux avec le soleil, tu dois porter un casque » (Enzo) « C'est pour ça que le casque il est noir » (Preston) « Oui, parce que le soleil est plus proche » (Clara)	Pour les élèves, le casque a une fonction de protection (mais un peu comme un casque de cavalier). Le problème du rayonnement solaire sera traité par la suite.
Fonctions du sac à dos	du	« Le sac à dos c'est pour respirer » (Ethan) « Le sac à dos c'est pour enlever le mauvais air » (Preston) « Le sac à dos apporte l'oxygène, le bon air » (Timmy)	Le sac à dos est associé à la fonction de respiration pour les élèves, mais pas de consensus (dans la réalité, le sac à dos permet à l'astronaute de respirer et de boire). Un travail documentaire sur la constitution et le rôle du sac à dos sera mené par la suite.

Tableau 1 : analyse des premières données

Pour le curriculum de formation

L'analyse en cours des données du second *corpus* met au jour plusieurs points qui seront approfondis aux rencontres de l'ARDIST :

- Des difficultés tout d'abord dans les connaissances sur la Lune et son enseignement potentiel : nombreux sont les étudiants à ne pas savoir à quoi correspondent les phases de la Lune notamment.
- Ensuite, des difficultés à entrer dans une formation sur la matière QVOM au cycle 2 : les analyses proposées par les étudiants montrent qu'ils valorisent dans l'album ses aspects esthétiques ou sociaux plutôt que scientifiques. Cette confusion entre les priorités a déjà été mise au jour en maternelle (Auteur, 2020 ; Ledrapier, 2010).
- Les étudiants réussissent cependant à produire une séquence pour la fin du cycle 2 qui prend compte des données fournies par le chercheur/formateur et avec une cohérence en termes de progressivité des apprentissages.

Ces réussites et difficultés seront présentées aux rencontres de l'ARDIST et permettront de caractériser l'essaimage de ce *curriculum* d'enseignement vers le *curriculum* de formation.

Discussion

La contribution de cette communication réside dans le travail sur l'essaimage d'une conception d'un *curriculum* possible d'enseignement vers le milieu de la formation. Si des travaux ont déjà été menés en instituts de formation (Auteur et *al.*, 2018), questionner l'essaimage est nouveau. En effet, si le *curriculum* possible conçu de manière collaborative a été testé à petite échelle (le LéA regroupe huit personnes), cette recherche permet d'amorcer un test sur l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité (Renaud, 2020) par les enseignants de ces propositions pour l'enseignement. En ce sens, ce travail est à examiner

selon les propositions méthodologiques de Goigoux (2017) à propos de la conception continuée dans l'usage.

Références

- Audigier, F. (1997). Histoire et géographie, un modèle pour penser l'identité professionnelle. *Recherche et formation*, 25, 9-21.
- Bisault, J. (2010). Des moments de sciences à l'école primaire : quelles références pour quels enjeux ? *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 2, 53-78.
- Bruguière, C. (2019). *Mise en récit et « fiction-réaliste »*. *Potentialités et limites épistémologiques et didactiques dans la construction de savoirs biologiques*. Mémoire d'HDR. Université Lyon 1.
- Auteur et al. (2018). Former les professeurs des écoles à l'éducation scientifique par les albums de jeunesse. Vrin.
- Auteur (2020). Pratiques enseignantes en éducation scientifique et technologique à l'école maternelle : perspectives curriculaires. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 22, 21-44.
- Auteur (2022). Une combinaison spatiale pour questionner le monde du vivant, des objets et de la matière au cycle 2. Actes des 12^{èmes} rencontres scientifiques de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies (ARDiST). 15-18 novembre, Toulouse.
- Auteur et al. (2024). La spécialité des professeurs des écoles maternelles au prisme du curriculum d'éducation scientifique et technologique. *Recherche & Formation*.
- Chastenay, P., Potvin, P., Charland, P. et Boudreault, H. (2023). De l'importance d'une solide formation à l'enseignement. Le Devoir, Opinion. Mis en ligne le 17 avril 2023. <https://www.ledevoir.com/opinion/idees/789211/education-de-l-importance-d-une-solide-formation-a-l-enseignement>
- Dillon, J.-T. (2009). The questions of curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, Vol. 41, 3, 343-359.
- Fabre, M. et Lang, V. (2000). Le mémoire professionnel est-il professionnalisant ? *Recherche et formation*, 35, 43-58.
- Goigoux, R. (2017). Associer chercheurs et praticiens à la conception d'outils didactiques et de dispositifs innovants pour améliorer l'enseignement. *Éducation et didactique*, 11(3), 135-142.
- King, D.T., Ritchie, S.M. (2012). Learning Science Through Real-World Contexts. *The International handbook of Science Education*. Dordrecht: Springer Press.
- Kuhn, J. & Müller, A. (2014). Context-based science education by newspaper story problems: A study on motivation and learning effects. *Perspectives in Science*, Vol. 2, 1-4, 5-21.
- Lange, J.-M. (2011). Éducation au développement durable : problématique éducative / problèmes de didactique. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. ENS de Cachan.
- Lange, J.-M. & Martinand, J.-L. (2010). Curriculum de l'EDD : principes de conception et d'élaboration. Actes du Colloque International « Éducation au développement durable

et à la biodiversité : concepts, questions vives, outils et pratiques », p. 118-136, Digne les Bains.

- Lebeaume, J. (2011). Les choses et les mots à l'école. Exploration de la connexité des enseignements de français et de sciences (1880-2000). *Carrefours de l'éducation, hors-série 1*, 87-100.
- Lebeaume, J. (2019). Précision sur la « forme curriculaire » et distinction entre pratiques constitutives et savoirs contributifs. Contribution à l'étude morphologique des *curriculum*s prescrits. *Éducation et didactique, Vol. 13, 1*, 43-59.
- Ledrapier, C. (2010). Découvrir le monde des sciences à l'école maternelle : quels rapports avec les sciences ? *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies, 2*, 79-102.
- Martinand, J.-L. (2012). Éducation au développement durable et didactiques du *curriculum*. *Conférence au XIX^e colloque de l'AFIRSE*. Lisbonne.
- Martinand, J.-L. (2014). Point de vue : didactique des sciences et techniques, didactique du *curriculum*. *Éducation & didactique, Vol. 8, n° 1*, 65-76.
- Monod-Ansaldi, R. et Chabanne, J.-C. (2022). Apports méthodologiques et épistémologiques des LÉA. Dans R. Monod-Ansaldi, C. Loisy et B. Gruson (Dir.), *Le réseau des lieux d'éducation associés à l'Institut français de l'éducation* (pp. 317-328). Presses Universitaires de Rennes.
- Paccaud, M. (1991). Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration. *Aster, 13*, 35-58.
- Plé, É. (1997). Transformation de la matière à l'école élémentaire. Des dispositifs flexibles pour franchir les obstacles. *Aster, 24*, 203-209.
- Renaud, J. (2020). Évaluer l'utilisabilité, l'utilité et l'acceptabilité d'un outil didactique au cours du processus de conception continuée dans l'usage. Cas d'un outil pour l'enseignement de la lecture de textes documentaires numériques. *Éducation et didactique, 14(2)*, 65-84.
- Rivet, A., Krajcik, J. (2008). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding at middle school science. *Journal of Research of Science Teaching, 45(1)*, 79-100.
- Sadler, T.D. & Zeidler, D.L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 46, 8, 909-921.
- Sanchez, É. et Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement- apprentissage. *Éducation et Didactique, Vol. 9, 2*, 73-94.
- Soudani, M, Héraud, J.-L., Soudani-Bani, O. et Bruguière, C. (2015). Mondes possibles et fiction réaliste. Des albums de jeunesse pour modéliser en science à l'école primaire. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies, 11*, 135-160.

Bibliographie

Hare, J. (2019). *Classe de Lune*. École des Loisirs.

Enquête historique sur le cycle menstruel

Nicolas Douabin¹, Patricia Crepin-Obert¹

¹ : Laboratoire de Didactique André Revuz, Université de Rouen Normandie, Université de Lille, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12, Université Paris Cité, CY Cergy Paris Université

Résumé

Cette communication présente les résultats d'une enquête historique, menée à partir de sources primaires du XIX^e siècle, sur le concept du cycle menstruel. L'enquête historique, conduite en appui sur l'enquête didactique préalable, a permis d'identifier les controverses qui ont marqué l'histoire des découvertes sur le cycle menstruel ainsi que les problèmes qui ont été construits par les savants au XIX^e siècle. En utilisant le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation, les réflexions des partisans de théories différentes sont représentées dans des espaces-problèmes afin de mettre en évidence les mises en tension problématiques qui ont fait l'objet de controverses. Le cadre méthodologique de la reconstruction historico-didactique, au regard des obstacles identifiés chez les élèves, permet d'envisager la construction d'outils didactiques à destination des enseignants et des élèves dans le cadre de l'enseignement du cycle menstruel en cycle 4.

Mots-Clés : Histoire des sciences ; Controverse ; Cycle menstruel ; Problématisation ; Reconstruction historico didactique.

Enquête historique sur le cycle menstruel dans une visée de reconstruction historico-didactique en cycle 4

Contexte et objectif de la recherche

La place de l'histoire des sciences comme élément d'enseignement et d'apprentissage a été confirmée dans les nouveaux programmes de sciences de la vie et de la Terre de cycle 4 (BOEN, 2020). L'enseignement des sciences intégrant des éléments historiques présente dans une perspective constructiviste un potentiel d'amélioration du processus d'apprentissage (Monk & Osborne, 1997). Les ressources historiques faisant part d'une controverse scientifique constituent un support d'apprentissage possible à une construction apodictique des connaissances (Pelé & Crépin-Obert, 2022). Pourtant, les enseignants éprouvent des difficultés à s'appropriier les ressources issues de la recherche lorsque celles-ci sont utilisées dans l'objectif de faire évoluer les pratiques de classe (Canac, 2017). L'objectif de cette communication est de rendre compte de l'analyse d'une controverse historique sur le concept de cycle menstruel qui a eu lieu au XIX^e siècle et de mettre en évidence les problèmes que les savants ont cherché à construire en regard des obstacles identifiés chez les élèves.

Cadres théoriques mobilisés

Cadre de l'apprentissage par problématisation et étude de controverses scientifiques

Un savoir accepté par la communauté scientifique peut être donné, à la communauté scolaire, comme simple assertion et être perçu par les élèves comme étant un faux problème dans la mesure où sa genèse historique est dissimulée : la dogmatisation des savoirs propositionnels l'emportant sur l'heuristique et la logique d'une recherche (Fabre, 2007). Le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation, issu d'un co-développement de nature épistémologique (Fabre, 2009) et didactique (Doussot *et al.*, 2022), accorde la primauté à la construction du problème. La définition et la construction du problème permettent la mise en tension critique du savoir et conduit à la construction de raisons (Orange, 2005). Sont ainsi développées par les élèves des possibilités, impossibilités et nécessités. L'étude d'une controverse historique est « une mise en situation particulièrement riche, tant d'un point de vue de la méthode développée que pour les échanges » (Guedj, 2005). Elle est caractérisée par « la division persistante et publique de plusieurs membres d'une communauté scientifique, coalisés ou non, qui soutiennent des arguments contradictoires dans l'interprétation d'un phénomène donné. » (Raynaud, 2018, p. 40). Analyser une controverse historique en milieu scolaire permet de placer les élèves en débat afin qu'ils puissent s'interroger sur leur propre modèle explicatif et les faire entrer dans un processus de problématisation.

Travail sur les obstacles identifiés sur le cycle menstruel

Le concept scientifique du cycle menstruel peut être décliné en plusieurs concepts sous-jacents tels que ceux de milieu intérieur, sécrétion interne et communication de nature chimique par voie sanguine. Les élèves peuvent rencontrer des obstacles épistémologiques qui sont définis comme étant « ce qui fait vraiment résistance aux apprentissages et aux raisonnements scientifiques, tout en répondant de façon "confortable" aux besoins d'explication des enfants » (Astolfi & Peterfalvi, 1993, p. 108). L'obstacle d'une vision de l'organisme dans lequel les « organes sont assimilés aux pièces d'un moteur, qui agissent les unes sur les autres grâce à la proximité et dont certaines communiquent entre elles à l'aide de câbles ou de tuyaux » (Sauvageot-Skibine, 1993, p.195) empêche de penser l'idée que les ovaires peuvent influencer l'utérus. Cet obstacle d'une tuyauterie continue (*ibid.*), associé à celui du primat de la perception conduisant les élèves à l'idée d'une conception non endiguée du sang (Pautal, 2012), empêchent l'idée d'une communication entre ovaires et utérus par voie sanguine. Un autre obstacle, l'uniformité de la matière qui fait concevoir le microscopique à l'image du macroscopique (Lhoste & Peterfalvi, 2009) freine la construction de l'idée que le sang puisse transporter des substances invisibles (les hormones). De plus, une enquête (INPES, 2007) révèle des représentations erronées des Français sur la contraception et le cycle menstruel : ne prenant pas en compte sa variabilité individuelle 53% affirme qu'une grossesse est impossible si un rapport sexuel a lieu pendant les règles et 64% pense qu'il existe des jours du cycle qui ne présentent aucun risque de grossesse.

Problématique et questions de recherche

Cette communication vise à présenter une partie de l'enquête historique menée dans le cadre de la reconstruction historico-didactique. Nous cherchons globalement à mettre en évidence les controverses qui ont marqué la communauté scientifique au XIX^e siècle au sujet du cycle menstruel et plus particulièrement à analyser comment s'est effectuée la construction du problème historique du contrôle hormonal du cycle menstruel durant la controverse.

Méthodologie d'une reconstruction historico-didactique

De Hosson définit « une reconstruction didactique comme une séquence d'enseignement conçue sur la base d'informations historiques explicites et se donnant pour but l'apprentissage d'un concept » (De Hosson, 2011, p. 34). Cette reconstruction repose sur une dialectique entre, d'une part, une enquête didactique visant à repérer et analyser les difficultés et les obstacles associés à l'apprentissage et d'autre part, une enquête historique visant une analyse épistémologique de textes historiques. L'enquête historique sur le cycle menstruel est conduite en appui sur l'enquête didactique préalable et au regard des connaissances pouvant être mobilisées par les élèves. Le programme de SVT de cycle 4 (BOEN, 2020, p.113) demande de « relier le fonctionnement des appareils reproducteurs à partir de la puberté aux principes de la maîtrise de la reproduction » et de viser l'apprentissage des contrôles hormonaux. Les objectifs de connaissance sont l'aspect

cyclique et différé des menstruations par rapport à l'ovulation ainsi que le contrôle du cycle menstruel par les hormones ovariennes qui agissent spécifiquement sur la vascularisation de la muqueuse utérine. La prospection de sources historiques primaires est menée afin d'identifier, à partir d'une grille d'analyse de sources primaires (Crépin-Obert, 2015), les problèmes que les scientifiques ont cherché à construire et les différents modèles explicatifs proposés. Les faits empiriques mobilisés (registre empirique), les nécessités dégagées (registre des modèles explicatifs) et la mise en tension de ces deux registres sont représentés dans un espace des contraintes et des possibles (Crépin-Obert, 2010).

Analyse de la controverse historique relative à la nature de la communication entre ovaires et utérus : des problèmes construits entre possibles et nécessaires

Contexte scientifique ouvrant la voie à de nouvelles possibilités

Au cours du XIX^e siècle, trois théories relatives à ce qui peut provoquer les menstruations s'opposent. Rauschenberg (1876) propose l'idée que les menstruations correspondent à un surplus de sang qu'il est nécessaire d'évacuer périodiquement. Tait (1888) défend l'idée d'un rôle des trompes de Fallope dans l'apparition des menstruations tandis que pour Aveling et Campbell (1888) il s'agirait des ovaires. L'idée d'une relation fonctionnelle entre ovaires et utérus est néanmoins partagée par la communauté scientifique à partir de 1860. Le mécanisme responsable de la cyclicité des menstruations reste indéterminé malgré les arguments qui plaident en faveur d'une origine nerveuse. À cette époque, c'est exclusivement au système nerveux qu'on attribue le rôle de régulateur des fonctions physiologiques. Les travaux de Claude Bernard (1857) relatifs au concept de « milieu intérieur » permettent un changement progressif de paradigme : l'organisme peut être maintenant pensé comme étant constitué d'organes pouvant s'influencer mutuellement à distance par voie de sécrétion interne. C'est dans ce contexte qu'émerge la controverse sur la nature de la communication entre les ovaires et l'utérus qui oppose les partisans d'une communication nerveuse et ceux d'une communication par voie sanguine.

Construction du problème par les partisans de la théorie d'une communication par voie nerveuse

Pflüger, qui accepte l'idée que l'état vasculaire de l'utérus est influencé par les ovaires, propose sa théorie nerveuse comme cause des menstruations (Pflüger, 1865). Il s'appuie sur des données empiriques issues de travaux menés par d'autres scientifiques : le lien observé entre la phase d'œstrus et les menstruations, l'ovulation spontanée chez l'espèce humaine ou l'apparition des menstruations une fois le développement des follicules amorcé. À l'époque où Pflüger écrit sa théorie, l'idée que les menstruations sont synchrones et dépendantes de l'ovulation est répandue. Il s'oppose à cette idée en citant deux cas : l'absence de corps jaune malgré des menstruations récentes et le déclenchement des menstruations à la suite d'une vive émotion. La théorie de Pflüger est basée sur l'hypothèse de l'existence d'un arc reflexe entre les ovaires, l'utérus et la moelle épinière. Les follicules

ovariens en croissance provoquent une congestion de l'ovaire à l'origine d'une pression graduelle croissante exercée sur les nerfs afférents de l'ovaire, pression qui s'accumule dans le centre réflexe menstruel (la moelle épinière). À partir d'une valeur seuil, une réaction réflexe est envoyée depuis la moelle épinière jusqu'à l'utérus et l'ovaire ce qui provoquera une hyperhémie génitale déclenchant menstruations et ovulation. Par cette théorie, Pflüger explique physiologiquement la synchronisation des menstruations et de l'ovulation mais que leur déclenchement serait dû à une cause commune : l'hyperhémie génitale provoquée par le réflexe.

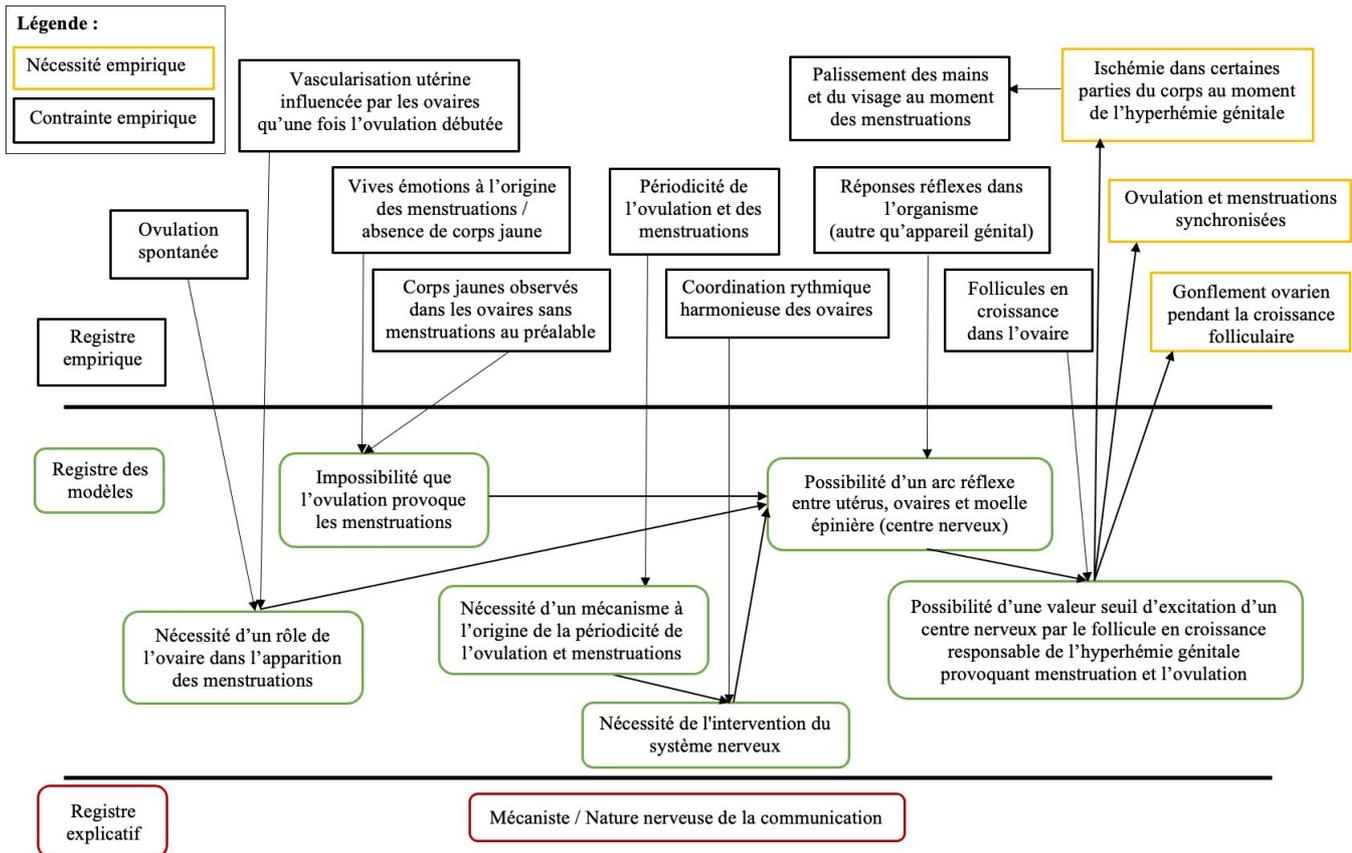


Figure 1 : Espace des contraintes et des possibles construit à partir des écrits de Pflüger (1865) exposant la théorie nerveuse

Construction du problème par les partisans de la théorie d'une communication par voie sanguine

Sans réfuter la théorie nerveuse, plusieurs scientifiques ont émis la possibilité d'un rôle du sang dans la communication entre les ovaires et l'utérus. En 1874, Goltz et Freusberg ont montré que même si la moelle épinière d'une chienne est coupée en un point de la région lombaire, une phase d'ovulation et une grossesse sont tout de même possibles. Ils déterminent une nouvelle nécessité (celle d'une connexion nerveuse entre ovaires et cerveau n'atteignant la moelle épinière qu'au-dessus de la partie lombaire) et une nouvelle possibilité (celle d'une communication par voie sanguine entre les gonades et le cerveau).

En 1898, Kehrer propose plusieurs protocoles expérimentaux afin de vérifier ou réfuter les prévisions découlant de la théorie de Pflüger. Même s'il ne les a pas mis en œuvre par la suite, nous considérons selon le cadre de l'apprentissage par problématisation qu'il cherchait à établir de nouvelles nécessités et contraintes empiriques et que ses résultats prévisibles ont valeur de nécessité empirique.

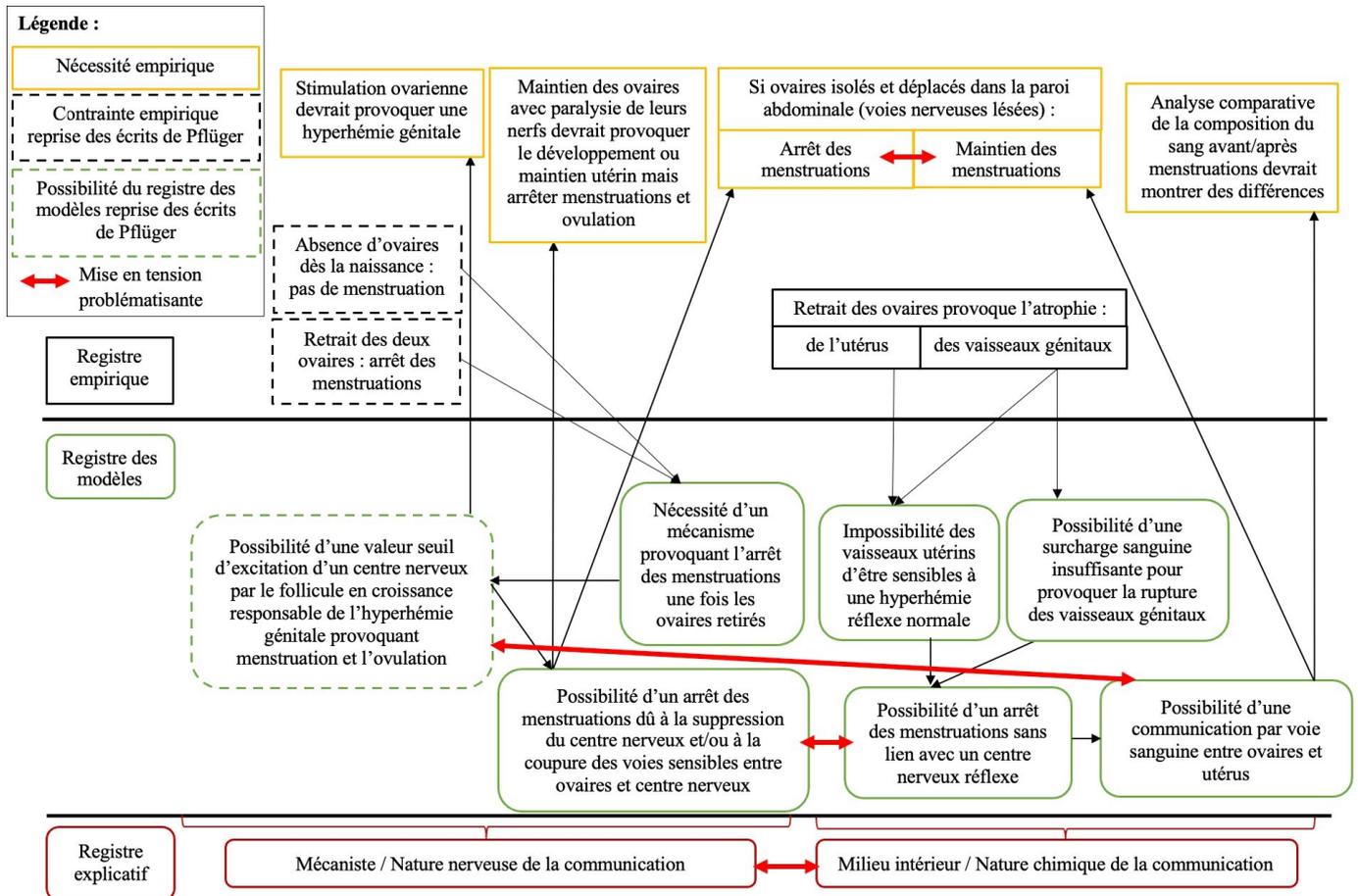


Figure 2 : Espace des contraintes et des possibles construit à partir des écrits de Kehrer (1892)

Discussion

L'analyse de la controverse historique apporte un éclairage épistémologique de la problématisation de la nature de la communication entre ovaires et utérus. Les mises en tension problématiques repérées durant la controverse entre Pflüger et Kehrer révèlent un mouvement d'apodicticité. En effet, la nécessité d'une communication nerveuse construite par Pflüger le conduit à proposer une nouvelle possibilité (valeur seuil d'excitation d'un centre nerveux) qui sera reprise par Kehrer dans sa construction du problème. Il construit, à partir des contraintes empiriques de Pflüger, de nouvelles nécessités empiriques (voir figure 2). L'articulation des contraintes issues du registre empirique et des modèles aboutit à la proposition par Kehrer d'une possibilité de communication par voie sanguine entre ovaires et utérus. La validité de cette proposition est conditionnée par les nouvelles contraintes

empiriques qu'elle génère, les résultats prévisibles des expériences qu'il souhaiteraient réalisées. Ces éléments de controverse révèlent ainsi chez Kehrer un glissement progressif d'une possibilité à une nécessité conditionnelle (Crépin-Obert, 2010). Celle-ci, construite dans un cadre épistémique de « milieu intérieur », entre en tension problématique avec la nécessité d'une communication nerveuse construite par Pflüger dans un cadre épistémique « mécaniste ». En 1907, les expériences de Marshall et Jolly montrent que la transplantation des ovaires dans la paroi abdominale maintient les menstruations. Deux nouvelles nécessités sont ainsi construites : celle d'une communication de nature chimique entre ovaires et utérus et celle s'exerçant par l'intermédiaire du sang. Ces résultats changent de statut l'idée d'une communication par voie sanguine initialement formulée par Kehrer : elle ne relève alors plus d'une nécessité conditionnelle mais du nécessaire marquant ainsi la rupture avec le cadre épistémique mécaniste de Pflüger. Ces découvertes ferment cette controverse et ouvrent la voie au travail du problème relatif au tissu ovarien responsable de cette sécrétion chimique.

Perspectives d'utilisation de la controverse historique en classe

La reconstruction historico-didactique permettra d'élaborer pour les enseignants des ressources historiques (protocoles, résultats et prévisions d'expériences, réponses entre scientifiques dans une publication). Elles intégreront les principaux problèmes que les scientifiques ont cherchés à construire sur le cycle menstruel. Le double objectif qui guidera la construction de ces ressources historiques sera de leur conférer un potentiel d'utilisation en classe, d'une part afin que les enseignants travaillent avec des élèves de cycle 4 les obstacles didactiques et épistémologiques sur le cycle menstruel repérés par l'enquête didactique et d'autre part, afin que les enseignants les exploitent comme inducteurs de problématisation (Fabre & Musquer, 2009).

Bibliographie

Sources historiques

- Aveling, J. H., & Campbell, H. (1888). Menstruation and the ovaries. *The Lancet*, 132(3405), 1097-1098. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)27540-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)27540-6)
- Goltz, F., & Freusberg, A. (1874). Über den Einfluss des Nervensystems auf die Vorgänge während der Schwangerschaft und des Gebätrakts. *Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*, 9(1), 552-565.
- Kehrer, F.A. (1887). *Beitrag zur klinischen und experimentellen Geburtshilfe und Gynäkologie*. Giessen.
- Marshall, F. H. A., & Jolly, W. A. (1907). The Nature of the Ovarian Influence upon the Uterus, as Illustrated by the Effects of Excision and Grafting of Ovaries. *Edinburgh Medical Journal*, 21(3), 218.
- Pflüger, E. F. W. (1865). *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn*. Hirschwald.
- Rauschenberg, C. (1876). Ovulation and Menstruation, and Dr. Battey's Operation of Normal Ovariectomy. *Atlanta Medical and Surgical Journal*, 13(12), 713.
- Tait, L. (1888). Menstruation and the ovaries. *The Lancet*, 132(3407), 1204.

Sources didactiques

- Astolfi, J. P., & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 16(1), 103-141.
- BOEN n°31 du 30 juillet 2020. Programme d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4). Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.
- Canac, S. (2017). *Le langage symbolique de la chimie en tant que méta-niveau entre registre empirique et registre des modèles : Une problématique de l'enseignement-apprentissage de chimie* [Thèse de doctorat, Sorbonne Paris Cité].
<http://www.theses.fr/2017USPCC071>
- Crépin-Obert, P. (2010). Idées et raisons sur les coquilles fossiles : étude épistémologique comparée entre une situation de débat à l'école primaire et une controverse historique. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (1), 93-120.
- Crépin-Obert, P. (2015). Des futurs enseignants à l'école de Pasteur : diversité des travaux et unité de méthode. In Barbe, N & Raichvarg, D (dir.). *Les vies de la Pasteurisation. Récits, savoirs, actions (1865-2015)*. Dijon : Éditions Universitaires de Dijon. p.224. Annexe 2.
- de Hosson, C. (2011). *L'histoire des sciences : Un laboratoire pour la recherche en didactique et l'enseignement de la physique* [Habilitation à diriger des recherches, Université Paris-Diderot - Paris VII]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00655594>
- Doussot, S., Hersant, M., Lhoste, Y., & Orange-Ravachol, D. (2022). Origine et développement du cadre de l'apprentissage par problématisation. In *Le cadre de l'apprentissage par problématisation. Apports aux recherches en didactique*. Presses Universitaires Rennaises.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.fabre.1999.01>
- Fabre, M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Vrin.
- Fabre, M., & Musquer, A. (2009). Les inducteurs de problématisation. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 42(3), 111-129.
- Guedj, M. (2005). Utiliser des textes historiques dans l'enseignement des sciences physiques en classe de seconde des lycées français : Compte rendu d'innovation. *Didaskalia*, 26(1), 75-95. <https://doi.org/10.4267/2042/23942>
- Institut National de Prévention et d'Éducation pour la Santé. (2007). Les Français et la contraception.
- Lhoste, Y., & Peterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : L'exemple du concept de nutrition. *Aster*, 49, 79-108.
<https://doi.org/10.4267/2042/31130>
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81 (4), 405-424.
- Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, 3-11.
- Pautal, É. (2012). *Enseigner et apprendre la circulation du sang : Analyse didactique des*

pratiques conjointes et identifications de certains de leurs déterminants : trois études de cas à l'école élémentaire [Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II]. <https://theses.hal.science/tel-00844031>

- Pelé, M., & Crépin-Obert, P. (2022). Favoriser la problématisation d'élèves de cycle 4 sur la circulation sanguine à partir d'outils didactiques basés sur l'histoire des sciences. RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies, (26), 25-51. <https://doi.org/10.4000/rdst.4384>
- Raynaud, D. (2018). Introduction. Les controverses au carrefour de deux spécialités. Sociologie des controverses scientifiques. De la philosophie des sciences. (éd. Revue et augmentée 2018/2003., p.17-53). Paris : Éditions matériologiques.
- Sauvageot-Skibine, M. (1993). De la représentation en tuyaux au concept de milieu intérieur. Aster, 17, 189-204. <https://doi.org/10.4267/2042/8592>

Introduire un recul historique dans l'approche de controverses socioscientifiques en classe. Exemple de l'obligation vaccinale au collège.

Danièle Vial^{1,2}, Olivier Morin^{1,2}, Emeric Tarcher²

1 : Sciences et Société ; Historicité, Éducation et Pratiques, Université Claude Bernard Lyon 1

2 : Réseau des Lieux d'éducation associés à l'IFE-ENS de Lyon, École Normale Supérieure de Lyon

Résumé

S'inscrivant dans le cadre de la didactique des questions socialement vives, cette recherche réalisée en classe de quatrième dans le cours d'histoire analyse la circulation de savoirs scientifiques lorsque les élèves prennent en charge de façon critique la question sensible et complexe de l'hésitation vaccinale. À partir des comparaisons par les élèves de la lutte contre deux épidémies : covid-19 et poliomyélite, nous montrons l'intérêt de l'utilisation d'une question socialement vive "refroidie" pour la construction par les élèves d'une contre-argumentation à propos de l'efficacité des vaccins. En cela, notre étude ouvre de nouvelles perspectives d'intégration d'élément historique dans l'enseignement des sciences.

Mots-Clés : Question Socialement Vive ; Vaccination ; Histoire ; Argumentation.

Introduire un recul historique dans l'approche de controverses socioscientifiques en classe.

Exemple de l'obligation vaccinale au collège.

Introduction

Mieux comprendre les enjeux de la société dans laquelle ils vivent exige des élèves qu'ils s'inscrivent dans le temps long de l'histoire (Simon, 2008 ; Roger, 1995). La problématisation d'une question actuelle pourra passer par l'étude d'une situation historique. Il s'agira alors de bien comprendre les spécificités sociohistoriques, politiques, juridiques, etc. mais aussi ses ressemblances avec le contexte actuel (Hirsch & Moisan, 2022). De nombreuses disciplines scolaires peuvent contribuer à cet apport. En France actuellement, les programmes de collège, en particulier en SVT, soulignent l'intérêt de l'utilisation de l'histoire des sciences avec une visée épistémologique (notamment concernant le lien sciences et technologies), une visée culturelle, une visée motivationnelle et une visée conceptuelle.

Dans cette communication, nous nous proposons de présenter les analyses d'un corpus de textes produits par des élèves de collège dans le cadre du dispositif des Léa-Ifé. Ils se sont penchés avec leur professeur d'histoire sur la question délicate de l'obligation vaccinale. Il ne s'agissait pas dans notre situation d'étudier l'histoire de la construction d'un concept (Galili & Hazan, 2001 ; De Hosson & Kaminski, 2006), mais avec un exemple historique d'explorer les limites de validité du concept d'efficacité appliqué aux vaccins. Nous avons exploré 4 niveaux d'approfondissement de leurs raisonnements socio-scientifiques (Morin, 2013).

Cadre conceptuel

Les Questions Socialement Vives - QSV- (Legardez & Simonneaux, 2006) sont des questions qui occupent l'espace médiatique, qui mobilisent, et qui divisent. Parce qu'elles divisent les populations, un enjeu éducatif fort est de préparer les élèves à adopter des positions éclairées. Parce qu'elles mobilisent les personnes autour d'argumentaires, elles peuvent constituer un levier de circulation de savoirs. C'est pourquoi les recherches à propos de leur approche en classe explorent les liens entre la prise en charge de controverses socioscientifiques en classe et le développement de la culture scientifique des élèves.

Nous entendons par controverses socioscientifiques des controverses qui mettent en débat l'expertise scientifique à destination politique, elle-même entendue « comme l'intégration des savoirs et la prise en compte des incertitudes dans la prise de décision » (Morin, 2013, p. 19). Reconnaître l'importance du rapport des savoirs scientifiques scolaires avec des contextes situés, y compris socialement, conduit à concevoir des situations de classe qui confrontent les élèves à des problématiques dont le caractère authentique est central. En effet, les savoirs convoqués par les QSV sont hybrides et impliqués socialement (Lange & Simonneaux, 2008).

L'obligation vaccinale, à travers les débats qu'elle ouvre, s'inscrit dans ce cadre, et fait l'objet de nombreuses publications récentes en didactique des QSV (Baytelman et al., 2022 ; Hasni & Dumais, 2022 ; Morin & Baylac-Paouly, 2021 ; Morin & Dutreuil, 2022 ; Puig & Ageitos, 2022).

Dans le continuum d'enjeux éducatifs que Simonneaux & Simonneaux (2014) identifient à l'échelle internationale pour l'enseignement, les QSV peuvent être refroidies ou réchauffées. Elles sont refroidies, lorsqu'elles sont utilisées pour motiver les élèves à apprendre les sciences ou les convaincre du bien-fondé des technosciences, et réchauffées lorsque leur approche en classe vise l'engagement militant des élèves. Nous caractérisons la QSV de l'obligation

vaccinale dans le cadre de la lutte contre l'épidémie de la Poliomyélite en France comme "refroidie", dans la mesure où les incertitudes liées à cette QSV ont diminué avec le temps, où les argumentations socioscientifiques ont convergées vers l'évaluation positive des conséquences sanitaires de la vaccination obligatoire sur l'expansion de l'épidémie. *A contrario*, cette QSV est réchauffée lorsqu'elle concerne l'épidémie de Covid-19 en pleine période de contestation sociale et de débats scientifiques à son propos. Elle se pose donc ici dans deux contextes historiques et sociaux différents, mais en gardant en commun le fait d'être une question citoyenne, complexe et interdisciplinaire faisant à des argumentaires scientifiques comparables. Pour souligner l'intérêt de leur comparaison, le tableau 1 récapitule les principales différences entre les deux contextes épidémiologiques, historiques et socioscientifiques.

Lutte contre la poliomyélite	Lutte contre la covid-19
Maladie grave contagieuse, en cours d'éradication grâce aux vaccins.	Maladie grave contagieuse, urgence (2021) face à la pandémie.
Existence de deux vaccins : VPI (vaccin polio injecté) et VPO (vaccin polio oral). VPI : protège contre les formes graves de la maladie mais n'empêche pas la circulation du virus. VPO : protège contre les formes graves de la maladie, empêche la circulation du virus, mais risque de mutation avec regain de virulence pouvant entraîner de nouvelles épidémies.	Existence des vaccins à ARN messager : les vaccins ne peuvent pas entraîner de mutation du virus circulant mais n'empêche pas la circulation du virus, qui peut donc muter.
L'obligation vaccinale a été controversée. Des données sur la diminution du nombre de cas en France depuis 50 ans sont disponibles.	L'obligation vaccinale est controversée (2021). Les données disponibles en 2021 portent seulement sur l'efficacité des vaccins contre les symptômes graves de la maladie.

Tableau 1 : éléments de comparaison des stratégies de lutte contre les deux épidémies

Problématique

Dans quelle(s) mesure(s) la comparaison de deux situations apparemment paradoxales mais dans des contextes différents (l'un actuel et l'autre historique) conduit-elle les élèves à explorer la validité des savoirs à propos des stratégies de vaccination ?

Méthodologie

Stratégie pédagogique

La stratégie pédagogique visait à orienter les raisonnements vers la comparaison de deux situations apparemment paradoxales : la séquence a été réalisée en janvier 2021, moment où en France un vaccin était obligatoire pour lutter contre une maladie absente du territoire (la poliomyélite) alors que pour une maladie circulant activement (le covid-19) le vaccin disponible n'était pas imposé. Au cœur de ces deux situations se trouvent bien entendu les savoirs et les incertitudes relatifs à l'efficacité des vaccins, mis en relation avec des savoirs relevant d'autres domaines d'argumentation.

Pour la poliomyélite (début de la vaccination en 1956, obligatoire depuis 1964), le recul historique et la disponibilité de données épidémiologiques sur l'incidence des cas facilite la clôture des controverses, ce qui n'était évidemment pas possible pour covid-19. En revanche, les limites de l'efficacité des deux stratégies vaccinales sont bien différentes. Le vaccin à virus vivant utilisé contre la poliomyélite est très efficace mais le virus vaccinal peut muter et être à l'origine de nouveaux cas, tandis que l'efficacité du vaccin à ARNm contre le SARS-Cov2 est limitée par le fait que le virus circulant mute par ailleurs, faisant surgir les fameux "variants".

Corpus constitué

Chaque élève a produit, lors de deux séances successives d'enseignement moral et civique, un texte en réponse à une consigne l'incitant à intégrer dans son argumentaire des spécificités des contextes épidémiologique et historique considérés. La question posée en fin de séance relative à la situation de la poliomyélite était : *"Vous êtes interrogé par un journaliste dans la rue qui vous demande : est-ce que la vaccination contre la poliomyélite ne devrait plus être obligatoire mais volontaire ? Que lui répondez-vous ?"*

Après la séance d'exploitation de documents relatifs à la situation "covid-19", la consigne de la tâche finale qui incombait aux élèves a été libellée : *"En comparant la stratégie vaccinale concernant la poliomyélite avec celle concernant le covid-19, et en reprenant les éléments d'information vus au cours des travaux précédents, vous répondrez à la question suivante : Selon vous, est-ce que la vaccination contre le covid doit être obligatoire ou volontaire ? Pourquoi ?"*

Nous avons analysé les productions (c'est-à-dire la réponse sous forme de texte à la question sur l'obligation vaccinale ou une vaccination volontaire, dans un premier temps concernant la poliomyélite, puis dans un second temps concernant la covid-19) de cinquante et un élèves de classe de quatrième (13-14 ans). Elles sont individuelles et ne sont pas issues d'une phase d'échanges entre eux : il s'agit ici pour chacun d'argumenter son avis et de prendre du recul sur ce dernier, sans chercher à convaincre les autres élèves de la classe, mais en s'interrogeant sur le paradoxe que les deux situations soulèvent.

Critères d'analyses

Dans l'analyse des argumentaires produits par les élèves, nous recherchons s'ils mettent en circulation des savoirs contextualisés et dont la validité est questionnée. Pour chacun des deux volets nous mesurons quatre niveaux d'approfondissement.

Concernant la contextualisation, les 4 niveaux sont : 1) absence de contextualisation des deux épidémies donc présence d'un raisonnement qui reste général sans réflexion sur les effets des décisions politiques ; 2) prise en compte du contexte pour les deux épidémies mais sans élément de comparaison entre les deux ; 3) communauté de contexte prise en compte pour les deux épidémies mais sans référence à l'efficacité des vaccins sur la circulation du virus ; 4) une comparaison entre les deux contextes liée à une réflexion sur les effets épidémiologiques de la décision politique et sur l'efficacité des deux vaccins sur la contagiosité.

Concernant le questionnement de la validité des savoirs, nous avons en outre évalué dans quelle mesure les élèves assignent ou non un domaine de validité à leurs assertions, avec également 4 niveaux d'analyse : 1) l'absence de prise en compte de la validité ; 2) un manque d'informations ou l'existence de contradictions est présent ; 3) expression d'au moins une incertitude présente dans les documents fournis lors de la séance ; 4) considération des incertitudes jusqu'à l'identification des savoirs établis et des incertitudes dans les documents des séances et les informations médiatisées.

Résultats

Prenons l'exemple de l'élève n° 20:

“Le vaccin ne devrait pas être obligatoire car même si on se fait vacciné on peut l'attraper et le propager. Je pense que les varriens sont crée à cause du vaccin **[incertitude présente dans les documents sur la polio]** car la personne vacciné a la maladie en elle donc suivant comment le corps réagis il peut y avoir une modification de la maladie **[incertitude hors des documents]**”. (Sic)

Dans cet exemple, la validité d'un savoir (l'efficacité du vaccin sur la contagion) est questionnée (niveau 4 : “*même si on se fait vacciner on peut l'attraper et le propager*”).-Cet élève intègre dans son raisonnement les informations qu'il a reçues à propos du cas particulier de la lutte contre la polio où a été observé la circulation avec mutation de la souche vaccinale atténuée. Précisons que même si dans le cas de la covid-19, cette information n'est pas transférable puisque le vaccin n'est pas un virus vivant atténué, ce que nous relevons ici est la démarche de contre argumentation que l'élève engage.

Plus généralement, lorsque la validité des savoirs est questionnée par les élèves (niveau 2, 3, et 4) en identifiant des manques d'informations, des incertitudes, il y a plus souvent la présence d'une démarche réflexive d'anticipation de contre-arguments comme on le voit dans le tableau 2.

	Quest. validité 1	Quest. validité 2	Quest. validité 3	Quest. validité 4
Présence d'un contre argument	7	7	2	3
Absence de contre argument	23	4	1	0
Total	30	17		

Tableau 2 : effectif des élèves dans les catégories validité des savoirs et présence de contre argument

Tableau 2 : effectif des élèves dans les catégories validité des savoirs et présence de contre argument

Nous avons aussi remarqué que même si des élèves développent un raisonnement général prenant appui sur le seul principe de la vaccination en ne contextualisant pas leur raisonnement (quinze sont au niveau 1 de contextualisation), la plupart (vingt-six) soulignent les spécificités des épidémies considérées (huit élèves accèdent au niveau 2 et dix-huit au niveau 3 du contexte).

La comparaison des deux situations conduisant à l'examen de l'efficacité de la vaccination sur la circulation des virus se traduit par un niveau 4 de contextualisation. Nous l'observons peu dans les réponses. Mais quand nous l'observons (comme par exemple avec la réponse de l'élève 20), ce niveau 4 en contextualisation est lié au niveau 4 de questionnement de la validité des savoirs. Cet exemple montre bien que cet élève examine les deux visées - (symptômes et contagiosité), des stratégies, même s'il n'a pas bien compris que l'efficacité du vaccin covid-19 est limitée parce que les virus mutent (cf. tableau 1).

Discussion et perspectives

La situation, caractérisée par une mise en perspective historique et une comparaison de l'efficacité de deux stratégies vaccinales reposant sur des technologies différentes, a permis d'introduire un paradoxe qui expose les élèves à une incertitude et peut éveiller leur curiosité, tout en les exposant à une complexité qui les a mis en difficulté.

Nous avons exploré en quoi le réexamen des arguments avancés à l'époque peut conduire les élèves à identifier ce qui est comparable et ce qui ne l'est pas avec la situation d'actualité. Un autre intérêt de l'utilisation de cet exemple historique a été d'amener les élèves dans un second temps à se demander ce que le terme « efficace » signifie dans le cas d'un vaccin. Pour ceci il était nécessaire de bien repérer avec eux les différences spécifiques (mutations du virus, du vaccin, circulation du virus et transmission par voie oro fécale ou par des aérosols, effet du vaccin sur les formes graves). Le choix qui a été fait dans cette étude exploratoire était de limiter le guidage pour repérer les difficultés et potentialités des élèves. Par exemple, nous n'avons pas demandé aux élèves de préciser sur quoi les vaccins sont efficaces. Certains l'ont spontanément fait, mais pas tous, ce qui montre que la différenciation du niveau d'explicitation des consignes à donner est encore à préciser.

Dans cette étude, nous nous sommes penchés sur le potentiel de questions de société ouvrant des débats dans l'actualité médiatique à problématiser des apprentissages scientifiques. Une originalité de notre stratégie a été de le faire sans ouvrir de débats entre les élèves. En substituant au débat l'introduction d'un exemple historique, la contre-argumentation n'a pas été issue de la pensée d'interlocuteurs mais par la remobilisation d'arguments mobilisés dans un débat passé, sur une question comparable sans être identique. Par son potentiel à interroger justement la transférabilité des arguments dans le contexte d'une question d'actualité, cette approche ouvre de nouvelles perspectives à la croisée de l'introduction de l'histoire des sciences en classe et la scolarisation des QSV.

Bibliographie

- Baytelman, A., Lordanou, K., Constantinou, C. P. (2022). Prior Knowledge, Epistemic Beliefs and Socio-scientific Topic Context as Predictors of the Diversity of Arguments on Socio-scientific Issues. In K. Korfiatis & M. Grace (Éds.), *Current Research in Biology Education : Selected Papers from the ERIDOB Community*, 45-57. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_4
- Galili, I., Hazan, A. (2001). The Effect of a History-Based Course in Optics on Students' Views about Science. *Science & Education*, 10(1), 7-32. <https://doi.org/10.1023/A:1008799919970>
- Hasni, A., Dumais, N. (2022). Arguments mobilisés par des étudiants universitaires lors de la discussion d'une controverse entourant la vaccination contre le papillomavirus. *Questions Vives. Recherches en éducation*, 37(37). <https://doi.org/10.4000/questionsvives.6666>
- Hirsch, S., Moisan, S. (2022). Ouvrir une brèche dans le chaos du monde tout en favorisant les apprentissages. Définition, pratiques et tensions inhérentes aux thèmes sensibles en enseignement de l'histoire et de l'éthique. In S. Moisan, S. Hirsch, M.-A. Ethier, & D. Lefrançois (Eds.), *Objets difficiles, thèmes sensibles et enseignement des sciences humaines et sociales* (pp. 61-88). Montréal: FIDES.
- Hosson, C. de, Kaminski, W. (2006). Un support d'enseignement du mécanisme de la vision inspiré de l'histoire des sciences / A teaching tool for an optical explanation of vision inspired by some elements of the history of optics. *Didaskalia*, 28(1), 101-124. <https://doi.org/10.4267/2042/23955>
- Lange, J. M., Simonneaux, J. (2008). La question des indicateurs du Développement Durable, regards croisés de didactiques. *BioEd08*. <https://hal.science/hal-02463733>
- Legardez, A., Simonneaux, L. (2006). L'école à l'épreuve de l'actualité- Enseigner les questions socialement vives. *ESF*.
- Morin, O. (2013). *Éducation à la citoyenneté et construction collaborative de raisonnements socioscientifiques dans la perspective de la durabilité : Pédagogie numérique pour une approche interculturelle de QSV environnementales* [Thèse de doctorat, Université Toulouse-Jean Jaurès].
- Morin, O., Baylac-Paouly, B. (2021). Reconnaître les savoirs en jeu dans les questions socialement vives. Le cas français de l'obligation vaccinale. In 11ème rencontres scientifiques de l'ARDIST, 667-672. <https://www.youtube.com/watch?v=mk2UkaSvTXA>
- Morin, O., Dutreuil, P. (2022). De l'éducation à la vaccination à l'éducation aux controverses socioscientifiques. *Questions Vives. Recherches en éducation*, 37(37) . <https://doi.org/10.4000/questionsvives.6626>
- Puig, B., Ageitos, N. (2022). Engaging in Argumentation as Critical Evaluation of the Anti-vaccination Movement. In K. Korfiatis & M. Grace (Éds.), *Current Research in Biology Education : selected Papers from the ERIDOB Community*, 19-29. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_2
- Simonneaux, L., Simonneaux, J. (2014). Panorama de recherches autour de l'enseignement des Questions Socialement Vives. *Revue francophone du développement durable*, 109-126.

Savoir traiter des données à l'aide d'un tableur. Une question insistante pour la didactique de l'informatique

Béatrice Drot-Delange¹, Françoise Tort²

1 : Activité, Connaissance, Transmission, éducation, Université Clermont Auvergne

2 : École Normale Supérieure Paris-Saclay

Résumé

Être capable de traiter des données est une compétence nécessaire au citoyen numérique du XXI^e siècle. Le tableur, logiciel par excellence du traitement des données, intéresse la didactique de l'informatique, car il repose sur des concepts fondamentaux de la programmation comme les tableaux et les fonctions.

La question que nous nous posons est la suivante : les référentiels des certifications des compétences numériques en France décrivent des compétences liées à l'utilisation des tableurs. Qu'en est-il des compétences en tableur des étudiants à l'université en sciences de l'éducation et de la formation (SEF) ?

Nous avons répliqué une étude du projet DidaTab (2005-2007) en proposant un test basé sur les invariants du tableur à des étudiants de licence en SEF. Les 121 réponses dépouillées montrent que les difficultés rencontrées par les étudiants sont récurrentes. Ils obtiennent globalement de moins bons résultats que ceux de DidaTab.

Des pistes de recherche en didactique de l'informatique concernant l'objet tableur et les liens avec l'éducation aux données sont proposées.

Mots-Clés : Didactique de l'informatique ; Étudiant ; Licence ; Tableur ; Éducation aux données.

Savoir traiter des données à l'aide d'un tableur

Une question insistante pour la didactique de l'informatique

Être capable de traiter des données est une compétence nécessaire au citoyen numérique du XXI^e siècle. Ainsi, traiter des données est l'une des trois compétences du domaine « Information et données » du cadre de référence des compétences numériques (CRCN¹) qui s'applique de l'école primaire à l'université en France. Il s'agit de pouvoir appliquer des traitements à des données pour les analyser et les interpréter (avec un tableur, un programme, un logiciel de traitement d'enquête, une requête de calcul dans une base de données...) » (Décret n°2019-919 du 30 août 2019).

La certification des compétences numériques en France connaît un renouveau avec la certification PIX obligatoire (à destination des collégiens et lycéens) et PIX+Edu (à destination des enseignants). Les référentiels associés décrivent des compétences liées à l'utilisation des tableurs pour le traitement des données. Notre communication pose la question renouvelée de l'enseignement du tableur dans ce contexte.

Traiter des données, un objet d'étude pour la didactique de l'informatique

Qu'elles soient personnelles, massives et/ou ouvertes, la recherche, la consultation, la collecte, l'analyse et l'utilisation des données de manière critique constitue les fondements de ce que des chercheurs nomment l'éducation aux données (Drot-Delange et Tort, 2022 ; Risdale *et al.*, 2015). Grillenberger et Romeike (2018) proposent une modélisation de ce que pourrait être une éducation aux données. Sur une première dimension figurent les concepts : données et informations, accès et stockage des données, analyse des données et enfin éthique et sécurité des données. Sur une seconde dimension figurent les pratiques, définies en lien avec le cycle de vie des données : collecter, nettoyer, modéliser, implémenter, optimiser, analyser, visualiser, interpréter, partager, archiver et effacer. La première dimension correspond à un versant statique des données – la gestion des données – historiquement ancrée dans l'informatique avec les bases de données. L'autre dimension intègre le travail avec et sur les données, son versant dynamique – les sciences des données – avec les activités emblématiques d'analyse et de visualisation.

Le tableur peut être considéré comme le logiciel par excellence du traitement des données. Traiter des données à l'aide d'un tableur, son enseignement et son apprentissage constituent un objet d'étude pour les chercheurs en didactique de l'informatique depuis presque vingt ans. Le tableur repose sur des concepts fondamentaux de la programmation comme les variables, les tableaux et les fonctions (Blondel et Tort, 2007). Pour déterminer ce qui devrait faire l'objet d'un enseignement ou d'une formation au tableur, Vandeput et Colinet (2006) identifient ce qu'ils nomment les invariants du tableur, d'après eux peu nombreux. Blondel, Bruillard et Tort (2008) les résument en 5 catégories : édition, formules, graphiques, tables et modèles.

¹ Voir <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Hebdo37/MENE1915146D.htm>

L'évaluation des compétences en tableur des élèves au secondaire en France a fait l'objet du programme de recherche DidaTab (Didactique du tableur), de 2005 à 2007. Les résultats obtenus ont montré que la maîtrise du tableur par la grande majorité des élèves était embryonnaire et largement insuffisante pour qu'ils puissent en bénéficier pour des usages disciplinaires productifs et que les élèves n'étaient pas confiants dans leurs propres capacités (Bruillard, 2008). Le constat établi dans les années 2000 par le projet de recherche Didatab (Bruillard et Blondel, 2007) était que le tableur était peu présent dans les instructions officielles des programmes scolaires. Qu'en est-il à ce jour ?

Une relative absence du tableur dans les programmes scolaires

Nous nous sommes intéressées aux programmes scolaires en vigueur à la rentrée 2020 pour les enseignements de tronc commun au lycée. En classe de seconde, en mathématiques, l'éducation aux données a disparu. Il n'est pas question de collecte de données, ni de représentation graphique. Le tableur est identifié comme « outil de calcul ». Cependant, « savoir faire des calculs avec le tableur » n'apparaît jamais dans les capacités attendues. En physique chimie, l'éducation aux données apparaît dans les « procédures courantes » de la démarche scientifique. Le tableur est cité une seule fois, dans les capacités exigibles liées aux chapitres sur la mesure et l'incertitude. En Sciences Numériques et Technologie, « Les données structurées et leur traitement » est l'une des 7 grandes thématiques organisant le programme. Il s'agit d'une initiation aux modèles de structuration de données en table. Le texte du programme cite le tableur 2 fois, au même titre que le langage Python, comme un outil de traitement des données.

En classe de première, dans l'enseignement scientifique, un projet expérimental et numérique constitue le 5^e chapitre du programme, obligatoire. Il comporte, en appui de la démarche expérimentale, un processus d'exploitation de données, allant du recueil à l'analyse et en passant par le retraitement à l'aide d'outils numériques. Le tableur est explicitement cité. Dans les suggestions pédagogiques au début du texte, il y est même affirmé que le tableur lui-même est objet d'enseignement.

On peut donc considérer que tous les élèves rencontrent le tableur peu ou prou au cours de leur scolarité obligatoire. Dans ce contexte de renouvellement de la question de l'enseignement du tableur, qu'en est-il des compétences des étudiants à l'université ?

Mesurer la maîtrise du tableur d'étudiants en licence de sciences de l'éducation

Dans sa thèse, Aoudé (2011) s'intéresse aux compétences de futurs enseignants du primaire. Elle a élaboré un test portant sur des compétences de niveau lycée ou supérieur selon l'échelle construite par le projet Didatab. Les données recueillies concernent des étudiants en licence et master sciences de l'éducation. Nous avons donc choisi de répliquer ce test papier dans le cadre d'un cours de deuxième année de licence en sciences de l'éducation et de la formation, intitulé « Langages informatiques ».

Nous avons proposé le test à l'issue de 2 séances de TD de 2 heures sur le tableur. Le premier TD proposait une série des situations-problèmes nécessitant l'emploi de fonctions (minimum, maximum, moyenne, somme), des tris, des graphiques simples. Le second TD proposait d'explorer un jeu de données ouvertes sur l'orientation des élèves de 3^{ème} à l'aide du tableur.

Le test était rempli par les étudiants lors d'une séance de TD, avec une limite de temps de 15 minutes. Le test se compose d'une copie d'écran d'une feuille de calcul présentant des données (cf. figure 1). Dix questions, ouvertes ou fermées (à choix multiple ou à choix unique) portant sur des savoir-faire du tableur sont proposées. Les questions sont indépendantes les unes des autres, l'ordre dans lequel elles sont traitées par l'étudiant n'a pas d'importance. Le test a été administré auprès de 121 étudiants.

Le tableau ci-dessous affiche le relevé de notes en mathématiques d'un groupe d'élèves suite à deux tests.

- La colonne B affiche les notes au test 1 (dont le coefficient est en B3),
- La colonne C celles au test 2 (dont le coefficient est en C3),
- La colonne D affiche la note finale,
- La colonne E affiche si l'élève a besoin d'une mise à niveau.

	A	B	C	D	E
1		Test 1			
2	Date	27-févr.-23			
3	Coefficient	1	3		
4					
5	Prénom	Note Test 1	Note Test 2	Note finale	Mise à niveau
6	Sarah	15	8	19,5	oui
7	Gaetan	13	9	20	oui
8	Brigitte	16	10	23	non
9	Hugo	17	15	31	non
10	Julie	15	9	21	non
11	Klaus	14	20	37	non
12	Pascale	15	8	19,5	oui
13	David	16	7	18,5	oui
14	Moyenne	15,13	10,75	23,7	

Figure 1 : Situation-problème du test soumis aux étudiants (adapté de Aoudé, 2011)

Résultats : des compétences particulièrement faibles

A l'instar de Aoudé (2011), pour chaque question, nous avons comptabilisé si la réponse était correcte ou non, si l'étudiant était certain de sa réponse ou non, en cochant une case (cf. tableau 1). Nous avons calculé un taux de réussite (nombre de réponses correctes / effectif total), un taux de certitude (nombre de fois où la case certitude est cochée / nombre total de réponses à la question). Nous avons calculé la part des cas où l'étudiant était certain de sa réponse et où la réponse était correcte (colonne certitude avérée dans le tableau 1).

Les deux questions les plus réussies le sont par 40% des étudiants, et plus de 50% des seuls répondants. L'une, Q3, consiste à reconnaître le format « nombre » et à gérer les décimales et l'autre, Q9, porte sur le choix d'un graphique adapté pour représenter les notes finales des élèves. Malgré tout, peu d'étudiants déclarent être certain de leur réponse à ces questions (resp. 52% et 51%) et quand ils le font, ils le font à bon escient dans moins d'un cas sur cinq. De plus, le choix correct du graphique n'assure pas qu'ils sachent dire quelles sont les données à sélectionner pour obtenir un graphique donné. C'est, en effet, l'objet de la question 10 qui n'est pratiquement pas réussie (4%). Globalement, les étudiants sont le plus souvent peu confiants dans leur réponse. Quand ils expriment cette confiance, elle est rarement fondée.

Trois questions portaient sur l'écriture de formules de calcul. Parmi elles, la question la mieux réussie (Q2) demandait d'écrire la formule de la moyenne des notes du test 1 (B14) (voir figure 1). La bonne réponse attendue devait utiliser la fonction *moyenne* et une référence au bloc de cellules (B6:B13). 25 étudiants y parviennent. 22 autres utilisent un signe erroné dans la référence du bloc de cellules (le ;), erreur courante et retournant un résultat faux difficilement détectable. La question 4 demandait d'écrire la formule permettant de calculer la note finale de la première ligne, sachant qu'elle a été recopiée vers les lignes suivantes. La formule mathématique était fournie dans l'énoncé de la question. La bonne réponse attendue devait comporter des références relatives aux cellules des notes et des références absolues vers les cellules des coefficients. On constate trois types d'erreur liés à la notion de moyenne pondérée, au référencement absolu des cellules et enfin à la réutilisation de la notation algébrique proposée sans instantiation par des références aux cellules. Treize étudiants reconnaissent et traitent un cas de copie de formule avec des références absolues. Vingt-deux étudiants proposent une formule correcte mais ne traitent pas la question de la copie de la formule. Enfin, la question 6, demandait d'écrire une formule reposant sur une structure conditionnelle (avec la fonction SI). Seuls 2 étudiants l'ont réussie.

	Type	Réussites	Taux de réussite	Nb. réponses	Certitude des répondants		Certitude avérée des répondants	
Q3	Entité	49	40%	95	16	52%	8	16%
Q9	Graphe	48	40%	92	14	51%	9	19%
Q1	Modèle	38	31%	94	18	40%	9	24%
Q2	Formule	25	21%	90	23	27%	9	36%
Q7	Modèle	22	18%	92	16	23%	6	27%
Q4	Formule	8	7%	78	15	9%	3	38%
Q8	Table	8	7%	90	19	9%	1	13%
Q5	Entité/Formule	6	5%	95	9	6%	1	17%
Q10	Graphe	5	4%	70	6	5%	2	40%
Q6	Formule	2	2%	25	1	2%	1	50%

Tableau 1. Résultats classés par taux de réussite à la question (effectif : 121)

Les taux de réussite de nos répondants sont globalement plus bas que ceux observés par d'Aoudé (op. cit.). Parmi les 5 questions les mieux réussies dans son étude, figurent les trois questions les mieux réussies dans la nôtre, mais également deux questions très mal réussies (Q5 et Q10). Enfin, les questions sur les formules ont de faibles taux de réussite et plutôt proches dans les deux études.

Conclusions et perspectives

Il nous a paru intéressant plus de 15 ans après le projet DidaTab de répliquer des tests issus de ce projet auprès d'étudiants qui ont pu durant leur scolarité avoir à passer des certifications numériques. Cela nous permet d'avoir une sorte de photographie, certes ponctuelle et très localisée, des compétences actuelles d'étudiants dans des filières généralistes à l'université, et plus particulièrement en sciences de l'éducation et de la formation, en matière de tableur.

Le test administré révèle que les étudiants éprouvent des difficultés à référencer correctement les cellules (modèle). Ils éprouvent aussi des difficultés dans l'écriture des formules. S'ils

sont capables de mentionner dans les formules des fonctions simples, ils n'en maîtrisent pas toujours la syntaxe. Les valeurs logiques (Vrai/Faux) et la structure conditionnelle sont peu connues. La dimension visualisation des données et la capacité à choisir la représentation adéquate mais aussi la sélection des données à représenter n'est pas toujours assurée.

Les résultats à ce test montrent également que la catégorie d'invariant d'une question n'est pas prédictive du succès ou non des étudiants. Ainsi, si l'identification des invariants du tableur est nécessaire pour éclairer le formateur sur ce qu'il convient d'enseigner, on voit ici qu'elle n'est pas suffisante pour évaluer les difficultés que rencontrent les étudiants. Une étape supplémentaire serait de comprendre les erreurs faites par les étudiants.

Ces résultats obtenus via un test papier seraient-ils les mêmes si le test avait été réalisé directement avec un tableur ? Certaines erreurs pourraient être corrigées grâce à l'interaction avec le tableur. Mais l'interface seule ne fournirait probablement pas suffisamment d'aide aux étudiants pour qu'ils choisissent les fonctionnalités les plus appropriées. Des observations de résolution de ce même test à l'aide du tableur seront à mener pour nuancer les résultats obtenus.

Une étape supplémentaire serait d'étudier les capacités des étudiants à modéliser la résolution d'un problème à l'aide du tableur. Le tableur est un « outil de calcul fondé sur une organisation spatiale en tableau » (Bruillard et Blondel, 2007, p.24). dans lequel le lieu d'écriture et d'affichage du résultat de l'exécution des formules est le même. Cela permet de résoudre un grand nombre de problèmes presque sans programmation. L'interface sous forme de tableau imposée aux utilisateurs leur évitent de devoir concevoir par eux-mêmes une structure des données. Cependant, l'interface ne dispense pas d'être capable de modéliser et de formaliser le problème à résoudre à l'aide du tableur, d'identifier les variables saisies, les variables calculées ou les paramètres. Dans notre test, le problème est déjà formalisé dans l'espace d'une feuille de tableur.

L'éducation aux données porte sur les différentes pratiques en lien avec le cycle de vie des données : collecter, nettoyer, modéliser, implémenter, optimiser, analyser, visualiser, interpréter, partager, archiver et effacer. L'utilisation d'un tableur peut soutenir plusieurs de ces pratiques, mais ces pratiques ne se résument pas à l'utilisation de cet outil. C'est notamment le cas de la collecte de données, la modélisation de données, l'interprétation d'une visualisation de donnée. La didactique de l'informatique doit continuer à investiguer ce champ.

Références bibliographiques

- Aoudé, P. (2011). *Les futurs enseignants du primaire face aux TIC : Questions de compétences et de formation Le cas du tableur* [Thèse de doctorat, Université Paris Descartes].
- Blondel, F. M., & Bruillard, E. (2006). Les usages du tableur : Premiers résultats et réflexions issus du projet DidaTab. Pochon LO., Bruillard E & Maréchal A (Éds.), *Apprendre (avec) les progiciels: Entre apprentissages scolaires et pratiques professionnelles*. Neuchâtel: IRDP & Lyon: INRP, 161-182.
- Blondel, F.-M., Bruillard, É., & Tort, F. (2008). Overview and main results of the DidaTab project. Proc. European Spreadsheet Risks Int. Grp. (EuSpRIG) 2008 187-198 ISBN 978-905617-69-2. *arXiv:0809.3612*. <http://arxiv.org/abs/0809.3612>

- Blondel, F. M., & Tort, F. (2007). Comment évaluer les compétences des lycéens en matière de tableur?. In *Actes de la conférence EIAH 2007*. INRP. <https://hal.science/hal-00161396/>
- Bruillard, E. (2008). Table ronde « Culture et enseignement informatiques dans l'enseignement scolaire ». Les rencontres de l'ORME. Séminaire de l'ASTI. <https://www.epi.asso.fr/revue/docu/d0805a.htm>
- Bruillard, E., & Blondel, F.-M. (2007). Histoire de la construction de l'objet tableur. <https://hal.science/hal-00180912>
- Drot-Delange, B., & Tort, F. (2022). Éducation aux données ou enseignement des données : Quelles humanités numériques au lycée ? *Humanités numériques*, 5, Article 5. <https://doi.org/10.4000/revuehn.2908>
- Grillenberger, A., & Romeike, R. (2018). Developing a theoretically founded data literacy competency model. *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 1-10.
- Ridsdale, Chantel, James Rothwell, Michael Smit, Hossam Ali-Hassan, Michael Bliemel, Dean Irvine, Daniel Kelley, Stan Matwin et Bradley Wuetherick. (2015). « *Strategies and Best Practices for Data Literacy Education : Knowledge Synthesis Report* ». Dalhousie University.
- Vandeput, E., & Colinet, M. (2006). Utiliser le tableur en toute autonomie. In Pochon, Luc-Olivier, Bruillard, Éric, ... Maréchal, Anne (Eds.), *Apprendre (avec) les progiciels Entre apprentissages scolaires et pratiques professionnelles* (pp. 73-98). Neuchâtel, Switzerland: IRDP.

Contribution

Cette recherche participe des travaux menés par le GIS 2IF (Innovation, interdisciplinarité et formation) dans le cadre du Groupe Thématique Numérique 2021-2024 DEFI « Données pour l'Éducation, la Formation, l'Innovation », bénéficiant du soutien du Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports.

Comparaison de l'effet de l'utilisation du logiciel et du robot sur la motivation des élèves

Radhia Nefzi Houimli*¹, Damien Grenier², and Chiraz Kilani¹

¹Institut Supérieur de l'Enseignement et de la Formation Continue [Tunis] – Tunisie

²Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique – Université de Rennes 2 – France

Résumé

Traditionnellement, les enseignants en Tunisie de génie électrique pour les classes de 3e Sciences Techniques du lycées tunisiens, ont recours des robots pédagogiques dans les séances d'enseignement-apprentissage de la programmation sur microcontrôleur. Cet article vise à analyser, d'une part les difficultés liées à l'usage du logiciel Flowcode qui permet de programmer le microcontrôleur et, d'autre part, l'impact la motivation des élèves de l'enseignement de la programmation au travers de robots mobiles. À partir des enregistrements vidéo en classe, l'activité effective des élèves en cours d'élaboration d'un programme est analysée et les déterminants et indicateurs de la motivation repérés en utilisant le modèle de la motivation de Viau.

Mots-Clés: robotique pédagogique, programmation, motivation, artefact, Flowcode, robot

Comparaison de l'effet de l'utilisation du logiciel et du robot sur la motivation des élèves

Introduction

Le programme officiel tunisien (Programme officiel, 2013) préconise l'exploitation du logiciel Flowcode en 3^{ième} année de la section sciences techniques (secondaire, âge des élèves 17 ans) pour l'apprentissage du circuit intégré « microcontrôleur ». Ce logiciel Flowcode est un outil de programmation graphique qui permet de saisir des programmes pour les microcontrôleurs de la famille Microchip, de le compiler, puis de le transférer dans la mémoire programme du circuit intégré. Plusieurs travaux de recherches ont révélé que l'usage des logiciels de programmation dans un cadre scolaire soulève divers problèmes (Baist et Pamungkas, 2017 ; Kadar et al, 2021 ; Lawan at al, 2019 ; Piedade et al, 2020). Nonnon, (2002) signale cependant que l'intégration des outils didactiques et informatiques relevant de la robotique pédagogique dans le processus d'enseignement-apprentissage peut soutenir les élèves dans cet apprentissage. Nous nous proposons, dans ce travail, d'examiner si l'utilisation d'un robot mobile comme support d'apprentissage s'avère efficace pour enseigner la programmation, et notamment si cela stimule la motivation des élèves et encourage leur engagement dans les activités prescrites par l'enseignant.

Cadre théorique

La motivation est un « construit hypothétique » utilisé pour décrire les forces, internes et/ou externes, qui influencent le déclenchement, la direction, l'intensité et la persistance du comportement (Vallerand & Thill, 1993). Les enseignants ne peuvent pas directement créer la motivation chez les élèves, mais ils peuvent influencer positivement certains facteurs qui favorisent la motivation.

Viau (1994) a proposé un modèle de motivation qui comprend deux éléments principaux : les déterminants et les indicateurs. Les déterminants sont les facteurs qui influencent la motivation, tandis que les indicateurs sont les manifestations de la motivation.

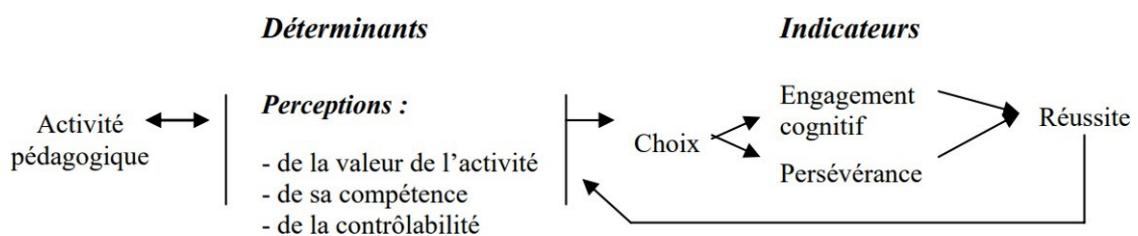


Figure 1 : La dynamique motivationnelle de l'apprenant selon Viau (2004)

Viau (2004) a identifié trois types de perceptions qui influencent la motivation scolaire : l'utilité, la compétence et le sentiment d'implication. Les élèves sont plus motivés lorsqu'ils voient que les tâches à réaliser comme utiles pour leur vie future (valeur), lorsqu'ils se sentent capables de réussir (compétence) et enfin responsables de leurs apprentissages (contrôlabilité). Il a divisé chacun de ces trois déterminants de la motivation en deux catégories : les déterminants internes (les buts et les objectifs personnels, les valeurs, les intérêts, l'estime de soi, la croyance en ses capacités) et les déterminants externes (les récompenses, les sanctions, les attentes des autres, l'environnement social).

Les buts et objectifs d'apprentissage	Les élèves qui ont des buts et des objectifs clairs pour leur apprentissage sont souvent plus motivés. Ces buts peuvent inclure des objectifs académiques spécifiques, des réalisations personnelles, ou des aspirations professionnelles
La valeur attribuée à la tâche	La perception de la valeur de la tâche ou de l'activité scolaire influence la motivation. Si un élève voit la pertinence et l'importance de la tâche, il est plus susceptible d'être motivé pour la réaliser.
L'intérêt pour la matière	Les élèves qui manifestent un réel intérêt pour la matière ou le contenu de l'enseignement sont généralement plus motivés à s'engager dans l'apprentissage.
L'estime de soi	L'estime de soi de l'élève joue un rôle dans sa motivation. Les élèves ayant une bonne estime d'eux-mêmes sont plus enclins à s'engager activement dans leur apprentissage.
La croyance en ses compétences	La conviction de l'élève en sa propre capacité à réussir dans la tâche ou l'activité est un indicateur important de la motivation. Lorsqu'un élève a confiance en ses compétences, sa motivation est renforcée
L'autonomie	Les élèves qui se sentent autonomes dans leur apprentissage et qui ont le contrôle sur leurs actions sont souvent plus motivés.
La régulation de la motivation	La manière dont un élève régule sa propre motivation, par exemple en se fixant des objectifs, en s'auto-évaluant, ou en ajustant ses stratégies, est un indicateur clé de la motivation scolaire

Tableau 1 : les principaux indicateurs de la motivation scolaire selon Viau (2004)

Toujours selon Viau, « on peut juger [du degré d'effort mental que déploie l'élève] en examinant les types de stratégies d'apprentissage auxquels il fait appel [...]. Si, par exemple, il se limite à utiliser des stratégies de mémorisation, on peut considérer qu'il est peu engagé au plan cognitif. Un élève démotivé recourt à des stratégies d'évitement, c'est-à-dire à des stratégies qui lui permettent de retarder voire d'éviter d'accomplir une activité pédagogique » (p.3).

Selon Viau, ces indicateurs interagissent de manière complexe, pour modeler la motivation des élèves dans le contexte scolaire. Il est dès lors essentiel de les examiner de manière globale pour appréhender la motivation d'un individu.

Il a également identifié quatre facteurs qui influent la dynamique motivationnelle de l'étudiant : des facteurs relatifs à sa vie personnelle, (famille, amis), des facteurs sociétaux (valeur, culture), des facteurs relatifs à l'école (règlement, programme) et enfin des facteurs relatifs à la classe qui incluent le rôle de l'enseignant.

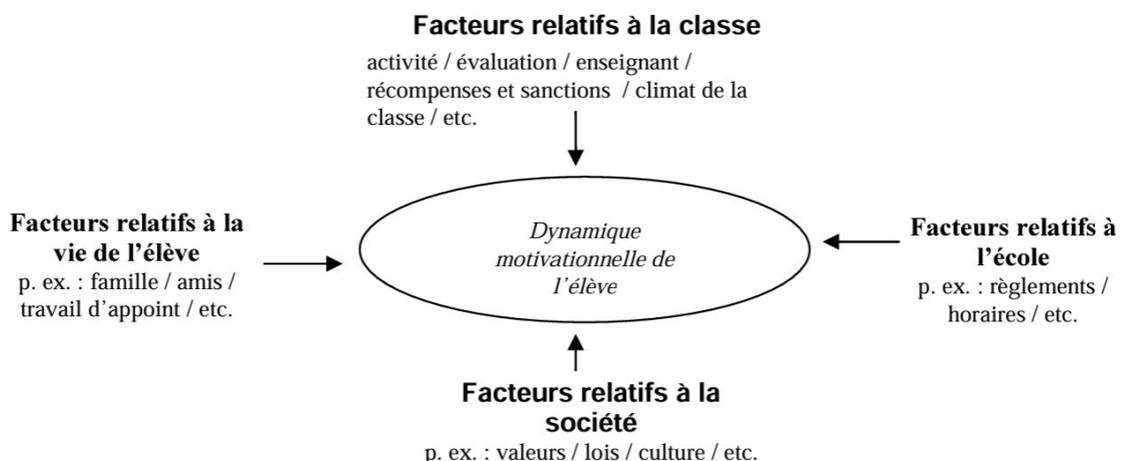


Figure 2 : les facteurs qui influent sur la dynamique motivationnelle de l'élève Viau (2004)

Nous avons, dans ce travail, chercher à repérer comment ces facteurs influent concrètement sur les indicateurs de la motivation et l'engagement des élèves, dans les cas particuliers d'un enseignement d'initiation à la programmation et de l'utilisation d'un robot mobile comme support d'apprentissage.

Cadre méthodologique

Organisation de l'enseignement sur les microcontrôleurs

Deux séances de 240 mn chacune été observées.

La première concerne une séance d'initiation au logiciel Flowcode. Nous avons observé 4 groupes de 2 élèves chacun en situation d'élaboration et de simulation d'un algorithme de l'activité 8 du manuel scolaire du génie électrique tunisien (Manuel d'activités, 2013), cf. Tableau 2.

Phase de travail	Tâche	Enjeu cognitif
Phase 1 (lecture et compréhension du cahier de charge individuellement)	<ul style="list-style-type: none"> - Lire l'énoncée de l'activité. - Compléter la table de vérité. - Simplification de l'équation. - Trouver l'équation de sortie. 	Programmer et simuler le fonctionnement d'un système combinatoire.
Phase 2 (élaboration des solutions par groupe)	<ul style="list-style-type: none"> - Concevoir une solution programmée à base de PIC. - Compléter les algorigrammes 	
Phase 3 (Simulations virtuelles par groupe)	<ul style="list-style-type: none"> - Taper les algorigrammes sur le logiciel Flowcode. - Configurer le PIC. - Simuler. 	

Tableau 2 : caractéristiques des tâches prescrites

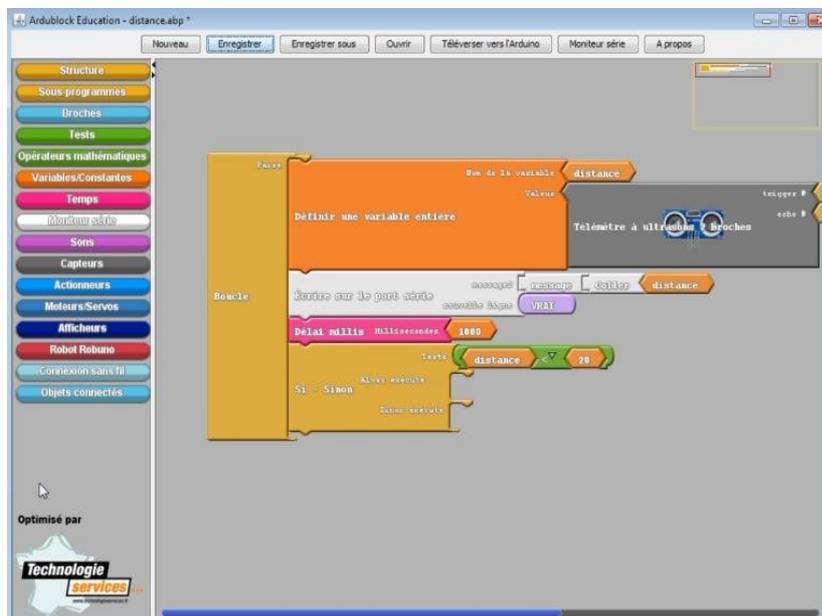


Figure 3 : le robot-mobile et le logiciel Ardublock

La seconde séance utilise un robot mobile (figure 3) comme support d'apprentissage. Un groupe de 10 élèves a été enregistré. Les activités se sont déroulées en quatre étapes, chacune augmentant progressivement en complexité (tableau 3).

Activité	Les activités pédagogiques durant les séances
Activité 1	Faire clignoter une LED
Activité 2	Faire fonctionner un servomoteur
Activité 3	Tester le capteur ultrason
Activité 4	Conception du robot

Résultats et Discussion

Nous présentons ici seulement deux synopsis de séance, un pour chaque séance.

Le tableau 4¹ présente la synopsis relative à un groupe d'élève pour la première séance observée. Nous nous focalisons dans cette partie sur les phases 2 et 3 du tableau 2. Les deux dernières colonnes de ce tableau se réfèrent aux déterminants et aux indicateurs de la motivation repérés en utilisant le modèle de Viau.

Les différentes tâches de l'activité 8 groupe 1 log			Moments clés	Déterminants	Indicateurs
Tâche 1	2min5'	Elv : ne savent pas quoi faire et commencent par la réalisation de l'activité 9	Incertitude qui indique une faible motivation	Suggestion d'un déterminant de motivation lié à leurs buts d'apprentissage.	Incertitude et de démotivation initiale
Tâche 2	1min10'	Ens intervient et demande de réaliser l'activité 8	Un ajustement de l'objectif initial et aide pour les élèves à s'adapter à de nouvelles instructions	Influencer le déterminant de la motivation des élèves par l'enseignant	
Tâche 3	2min18'	Elv jouent un peu par l'ordinateur puis commencent l'activité	Le jeu initial est un signe de faible engagement		
Tâche 4	4min13'	Elv placent les blocs tels qu'ils sont sur l'espace de travail	Certaine motivation à suivre les instructions initiales.	Déterminant de motivation lié à la conformité aux règles et aux attentes de l'enseignant	
Tâche 5	4min56'	Elv renomment les blocs L'autre élève joue par le clavier	Un élève essaye de s'engager dans l'activité, l'autre n'est plus engagé	Déterminant de motivation lié à l'intérêt pour la personnalisation ou l'amélioration des activités	Désengagement à certains moments
Tâche 6	2min16'	Ens explique la façon d'affecter les ports			
Tâche 7	1min2'	Elv ne savent pas comment affecter le port (situation de blocage)	Il y a un niveau de motivation pour accomplir la tâche malgré sa durée relativement longue	Déterminant de motivation lié à la persévérance dans la tâche	Une situation de blocage. → Frustration et démotivation
Tâche 8	6min23'	Elv essaye et finalisent l'activité			
Tâche 9	3min06'	Elv passent au bloc test et essaye de le compléter	Ils montrent une certaine motivation pour mener à bien l'activité	Déterminant de motivation lié à la volonté de tester et de comprendre les résultats.	Interventions de l'enseignant pour aider les élèves à surmonter certains moments de démotivation
Tâche 10	2min33'	Elv cherchent le panneau où ils vont placer les composants pour la simulation			
Tâche 11	2min	Ens les aident dans la simulation			
Fin					

Tableau 4 : synopsis de l'activité 8

¹ NB. Elv = Élève et Ens = Enseignant

Le tableau 5 présente le déroulement des observations concernant le groupe d'élèves travaillant avec le robot :

Les différentes phases de la séance du groupe 1			Moments clés	Déterminants	Indicateurs
Séquence 1	6'00	Ens distribue le cours et organise les groupes d'élèves	Susciter l'intérêt des apprenants en les impliquant dès le début de la séance. → Leur donner un sentiment de contrôle sur leur apprentissage	Favorisation de la coopération et de la socialisation	Phase courte et n'est pas directement liée à la motivation scolaire, mais elle peut contribuer à créer un climat positif en classe et à favoriser l'engagement des élèves
Séquence 2	25'41	Ens identifie les microcontrôleurs et leurs rôles dans un système technique (cours magistral)	Activité d'acquisition des connaissances. → Ce cours peut être efficace pour transmettre des informations clés.	Susciter la curiosité et l'intérêt des élèves pour la technologie	Phase longue et peut être intéressante pour certains élèves,
Séquence 3	26'46	Ens définit les différents éléments qui composent le microcontrôleur	Phase d'acquisition des connaissances. → L'enseignant a utilisé un schéma visuel pour faciliter la compréhension et par conséquent maintenir la motivation.	Aider les élèves à comprendre le fonctionnement du microcontrôleur de manière approfondie.	Phase plus courte que la précédente et peut être motivante pour les élèves qui s'intéressent à la programmation
Séquence 4	15'53	Ens présente l'environnement Ardublock	Phase de mise en pratique des connaissances acquises jusqu'à présent. → Introduire le logiciel cela permet de rendre l'apprentissage concret et faciliter la compréhension des élèves	C'est une opportunité pratique, offerte aux élèves, d'explorer les possibilités de la programmation, ce qui peut être stimulant pour leur créativité	

Activité 1 (Allumer LED)	11'52	Elvs câblent le montage de l'activité 1 (allumer une LED)	Phase d'application pratique où les apprenants mettent en œuvre leurs connaissances afin de réaliser une activité concrète. → Renforcer la motivation des élèves en leur montrant les résultats tangibles et réels de leurs efforts		
	8'27	Elvs écrivent le programme de l'activité N° 1			
	6'00	Ens intervient pour résoudre le problème de téléversement			
	0'04	Elvs testent			
Activité 2 (Servo-moteur)	10'54	Elvs écrivent le programme de fonctionnement d'un servo-moteur	Les apprenants appliquent leurs connaissances pour réaliser une activité technique et concrète. → Encouragement de l'exploration et la découverte	Si les élèves parviennent à allumer une LED, ils auront un sentiment de réussite, aussi lorsqu'ils peuvent faire fonctionner un servo-moteur ou utiliser un capteur de distance	Ces phases sont les plus longues de la séquence et visent à permettre aux élèves de mettre en pratique les concepts théoriques appris. Elles sont donc essentielles pour la motivation scolaire, car elles permettent aux élèves d'être actifs et de voir le résultat de leurs efforts
	5'29	Elvs effectuent le câblage			
	2'07	Ens intervient pour vérifier le câblage			
	10'50	Elvs testent et jouent avec le servo-moteur			
Activité 3 (Capteur de distance)	10'52	Elvs câblent le montage du capteur à distance (activité 3)	Des expériences concrètes et des applications pratiques. Filmer des séquences vidéo et s'amuser avec le capteur peut ajouter une dimension ludique à l'activité		
	6'42	Elvs écrivent le programme du capteur de distance			
	4'34	Elvs simulent le programme			
	11'34	Elvs simulent le fonctionnement et se plaisent avec le capteur. Ils ont filmé des séquences vidéo.			
Activité 4 (Robot)	39'07	Elvs élaborent le programme complet du robot	Cette phase est un point culminant des activités précédentes. Les élèves appliquent toutes leurs compétences pour élaborer le robot complet	Les élèves voient les résultats concrets de leurs apprentissages et de leurs efforts	Cette phase est courte et vise à permettre aux élèves de revenir sur les concepts appris et sur les activités réalisées. Elle peut être motivante pour les élèves qui ont bien assimilé les concepts et qui sont satisfaits de leurs réalisations. C'est une synthèse
	10'54	Elvs effectuent le câblage du robot			
	10'20	Elvs simulent et jouent avec le robot			
Fin					

Tableau 5 : Synopsis de la séance (groupe_rob)

Analyse et discussion

Au début, dans la première expérience, nous avons remarqué que les élèves se sont concentrés uniquement sur la reproduction du schéma de l'algorithme sur le logiciel. La tâche redéfinie pour eux est de copier le schéma et le simuler. Le logiciel n'est pas nouveau pour eux, c'est la deuxième séance où ils l'utilisent. Nous avons remarqué qu'à un instant donné, il y a eu un détournement de l'activité, ils ont laissé l'activité à part et se sont occupés à modifier les paramètres d'affichage de l'écran et modifier les paramètres internes de l'ordinateur. Ils usent clairement d'une stratégie d'évitement en faisant autre chose que ce qui est demandé, ce qui témoigne d'une faible motivation.

Ils ne sont pas impliqués. Le moteur de leur engagement semble être plutôt de nature externe. Même la relance par l'enseignant de la consigne (tâche 2 réaliser l'activité 8) ne suffit pas à enclencher une dynamique. Ils la réalisent, du moins au début sans montrer beaucoup d'enthousiasme (l'un des deux élèves joue même avec le clavier plutôt que de travailler, ce qui demeure une stratégie d'évitement).

Ils sont par ailleurs assez rapidement bloqués par une difficulté (affectation des ports). Il faut une intervention de l'enseignant pour qu'ils surmontent cette difficulté (ils n'ont pas vraiment cherché la solution par eux même, ne s'estimant probablement pas suffisamment compétent pour y arriver). Si au final ils réalisent l'activité, il n'est pas certain qu'ils aient atteint les objectifs fixés car ils ont tout le long besoin de l'aide de l'enseignant pour simuler le programme.

Indicateur	Observations
Choix	Les élèves ne savent pas quoi faire au début de la séquence, ce qui suggère qu'ils ne sont pas impliqués ou intéressés par l'activité.
Persévérance	Les élèves persévèrent malgré les difficultés rencontrées, notamment pour affecter les ports.
Engagement cognitif	Les élèves sont engagés dans l'activité, ce qui se manifeste par leur participation active et leur concentration.
Performance	Les élèves réalisent l'activité, mais ils n'ont pas atteint les objectifs fixés, car ils ne savent pas comment simuler le programme.

Tableau 7 les indicateurs de motivation pour groupe_log

Dans la seconde expérience, les élèves ont choisi de suivre les séquences d'apprentissage, ce qui montre qu'ils sont intéressés par l'activité. Aucune distraction n'est cette fois constatée. Ils sont tous impliqués. Lors de la réalisation des différentes activités (phases 5 à 8), ils s'avèrent également plus autonomes. L'enseignant n'intervient que ponctuellement pour résoudre un problème de téléversement du programme dans le microcontrôleur et pour vérifier le câblage du servo moteur.

On notera par ailleurs le rôle clef de l'enseignant dans la création et le maintien de cette dynamique motivationnelle (facteur relatif à la classe). Ils reçoivent un feedback positif de l'enseignant, ce qui les motive à continuer à apprendre. Il n'y a pas de système de sanction / récompense, mais l'enseignant encourage les élèves avant chaque tâche et la présente comme un défi. Il félicite le groupe qui termine le premier et qui montre le fonctionnement correct du robot.

Les élèves cocréent leurs connaissances en alternant des phases d'activités pratiques et de réflexion. Ils sont curieux, désireux d'exprimer leur opinion, attentifs à leurs pairs, désireux de poser des questions et inébranlables dans leur attitude. Les observations révèlent une forte motivation, un fort plaisir d'apprendre et un engagement accru des élèves. La programmation des robots est perçue comme une activité ludique. C'est également un travail dont ils sont fiers de montrer le résultat (ils ont filmé de séquences vidéo). De cet épisode on peut inférer que les facteurs relatifs à la vie de l'élève ont une influence sur la dynamique motivationnelle.

On retrouve là la plupart des indicateurs de la motivation décrits par Viau.

- Haute valeur attribuée à la tâche à réaliser (fierté de montrer le résultat à des proches via des vidéos),
- Haute estime d'eux pour avoir été capables de réaliser la tâche, estime renforcée par les encouragements et félicitations de l'enseignant
- Croyance en leur propre compétence que l'enseignant renforce en félicitant spécifiquement le groupe qui termine en premier, montrant ainsi aux autres que la tâche est faisable et réalisable par des élèves comme eux.
- Autonomie : plus le travail progresse et moins ils ont besoin de l'aide de l'enseignant (le premier câblage est vérifié, pas le second).

En revanche il semble qu'il existe au moins un indicateur supplémentaire qui n'apparaît pas explicitement dans le modèle de Viau mais joue ici un rôle déterminant. Il s'agit du plaisir qu'ils ont eu à réaliser la tâche et du caractère ludique de l'activité. Ils jouent assez souvent avec le robot plutôt qu'avec un autre objet présent dans l'environnement (comme c'était le cas dans la première expérience).

Enfin, le fait qu'ils aient filmé le robot qu'ils avaient à programmer interroger également sur l'importance du caractère tangible du résultat obtenu et son rôle dans la motivation des élèves. C'est en effet la principale différence entre les deux activités observées : l'une donne un résultat virtuel, sur écran, l'autre un résultat qui peut être montré à leur entourage.

Références

- Baist A., Pamungkas A.S. (2017). Analysis of Student Difficulties in Computer Programming. in *VOLT Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*. October 2017. DOI: 10.30870/volt.v2i2.2211.
- Kadar, R., Wahab, N. A., Othman, J., Shamsuddin, M., & Mahlan, S. B. (2021). A Study of Difficulties in Teaching and Learning Programming: A Systematic Literature Review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 10(3), 591–605.
- Lawan A. A., A. S. Abdi, A. A. Abuhassan and M. S. Khalid (2019). What is Difficult in Learning Programming Language Based on Problem-Solving Skills?. *International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)*, Zakho - Duhok, Iraq, 2019, pp. 18-22, doi: 10.1109/ICOASE.2019.8723740.
- Manuel d'activités (2013). Ministère de l'éducation, Centre National Pédagogique. Tunisie.
- Nonnon, P. (2002). Robotique pédagogique et formation de base en science et technologie. *Aster*, 34, 33-49.
- Piedade J., Dorotea N., Pedro A. and Matos J-F (2019). On Teaching Programming Fundamentals and Computational Thinking with Educational Robotics: A Didactic

Experience with Pre-Service Teachers. *Educ. Sci.* 2020, 10, 214;
doi:10.3390/educsci10090214.

Programme Officiel Tunisien (2013). Ministère de l'Éducation et de la Formation. Direction générale des programmes et de la formation continue. Tunis, Tunisie.

Vallerand, R. J., & Thill, E. A. (1993). *Introduction à la psychologie de la motivation*. Vigot.

Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire*. Les Éditions du Renouveau Pédagogique Inc.

Viau, R. (2004). *La motivation : Condition au plaisir d'apprendre et d'enseigner en contexte scolaire*. In *Actes du 3e congrès des chercheurs en éducation*. Bruxelles. Retrieved from https://projetadef.files.wordpress.com/2011/12/la_motivation.pdf.

Pratiques enseignantes effectives et intérêt des élèves pour les sciences

Ousmane Sy¹

1 : Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)

Résumé

Dix enseignants de collège ont participé à l'étude de l'effet de leurs pratiques enseignantes sur l'intérêt situationnel de leurs élèves pour les sciences. Des mesures de l'intérêt situationnel des élèves ont été prises à l'aide d'un questionnaire à la fin de toutes les leçons observées. Lors de chaque observation, les enseignants ont abordé le même sujet. Les scores d'intérêt situationnel pour chaque période ont été calculés et les données qualitatives dérivées des observations ont été analysées selon le modèle EPR (Vinatier, 2009, 2013) afin d'étudier une relation entre les deux. Les résultats des tests de corrélations et de régression multiple ont montré que la qualité des pratiques enseignantes favorisait l'intérêt situationnel. Cependant, il a également été constaté qu'un déséquilibre en faveur du pôle épistémique (au détriment des autres) affectait négativement l'intérêt situationnel des élèves.

Mots-Clés : Pratiques enseignantes ; Observation en classe ; Intérêt des élèves.

Pratiques enseignantes effectives et intérêt des élèves pour les sciences

Contexte et pertinence de l'intérêt des élèves pour l'enseignement des sciences

Au cours des dernières années, plusieurs études internationales se sont penchées sur la question de l'intérêt des élèves à l'égard des sciences. Les conclusions de ces études ont fait état d'un déclin de l'intérêt des élèves pour les sciences au fur et à mesure que se déploie la scolarité (OECD), 2006a ; 2006b ; Hasni et Potvin, 2015b). Selon toujours ces études, les élèves perçoivent les sciences, telles qu'elles sont actuellement enseignées à l'école, de moins en moins intéressantes, et ce, même s'ils reconnaissent l'importance des sciences dans la vie de tous les jours. Des études récentes et des synthèses subséquentes (Krapp et Prenzel, 2011 ; Renninger et Hidi, 2011) ont mis en évidence l'effet de différents facteurs qui influencent le développement de l'intérêt (Hasni et Potvin, 2015b). La plupart des études (Areepattamannil, 2012; Hong, 2010) ont mis en évidence le rôle des pratiques enseignantes dans la promotion ou le maintien de l'intérêt des élèves pour les sciences. Cependant, ces recherches n'ont pas étudié le rôle plus intime des pratiques effectives lors du processus enseignement-apprentissage. Étant donné que plusieurs auteurs estiment qu'un intérêt élevé pourrait être un atout important pour engager les élèves dans l'apprentissage des sciences à l'école (Bolshakova et coll., 2011), le choix des différents types de pratiques effectives ainsi que leur pilotage approprié pourraient être cruciaux dans le problème général de l'apprentissage des sciences et de l'intérêt des élèves (Juuti et coll., 2010).

L'intérêt est généralement décrit comme une relation spécifique, plus ou moins durable, entre une personne et un objet présent dans son espace de vie (Hasni et Potvin, 2015b). Plusieurs auteurs (Krapp et Prenzel, 2011 ; Renninger et Hidi, 2011) considèrent deux niveaux d'intérêt pour les orientations actuelles de la recherche. Le premier, l'intérêt individuel, se caractérise par un désir intrinsèque et persistant d'entrer en relation avec un objet particulier et de le comprendre (Hasni et Potvin, 2015b). Le second, l'intérêt situationnel, se caractérise principalement par son association à une situation spécifique (une tâche, un contexte) à laquelle un individu est exposé ou dans laquelle il est engagé (Hidi et Renninger, 2006) et peut générer un sentiment positif ou négatif (Swarat et coll., 2012). Notre étude a porté sur l'intérêt situationnel, étant donné qu'il s'agit de prendre en compte les contextes, les situations spécifiques et éphémères et la nature des pratiques effectives auxquelles les élèves sont exposés.

Il faut comprendre que la pratique enseignante, qui au premier abord semble simple, ne revêt pas la même signification pour tous les auteurs (Saint-André et coll., 2010). En effet, elle est parfois considérée comme un concept flou (Bressoux, 2001), polysémique (Tupin, 2003) et pour Altet (2003) son sens dépend des orientations des recherches qui sont menées sur ou avec lui. Même si les auteurs ne s'accordent pas sur une définition de la pratique enseignante, ils sont d'avis que la pratique enseignante ne se résume pas seulement à ce que les enseignants font en classe en présence d'élèves, mais elle comprend également la manière dont la planification, le déroulement des activités d'enseignement, la gestion et le maintien

de l'ordre dans la classe et l'évaluation favorisent les interactions entre les acteurs de la classe et reflètent la diversité des origines des élèves (Altet, 2002, 2003; Roth et Garnier, 2006; Altet et coll., 2012). Cependant, même si les auteurs s'accordent sur l'aspect multidimensionnel et englobant de la pratique enseignante, il est important de souligner la distinction faite par les chercheurs entre « pratiques déclarées », « pratiques attendues » et « pratiques constatées ou effectives » (Altet, et coll. 2015). Dans le cadre de cette recherche, l'étude a porté sur les pratiques effectives, qui représentent ce que le chercheur observe lors du pilotage des enseignements en situation de classe (Altet et coll., 2015). C'est ainsi qu'une des possibilités d'étudier les pratiques effectives consiste à l'analyse de l'activité située pour en repérer les modalités et d'en repérer les relations entre celles-ci et la façon dont les élèves apprennent (Bru et coll., 2004) et développent leur intérêt envers l'objet d'apprentissage. C'est dans cette optique que nous avons observé et analysé ces modalités en nous appuyant sur le modèle EPR proposé par Isabelle Vinatier (2013). Ce modèle EPR (Vinatier, 2013) s'appuie sur l'analyse de la dynamique entre les dimensions épistémique (É), pragmatique (P) et relationnelle (R) lors du pilotage des activités d'enseignement. La dimension épistémique fait référence à l'organisation des savoirs pertinents et à la manière de les présenter aux élèves. Autrement dit, il s'agit des choix faits par l'enseignant, sur quoi et comment les élèves effectuent-ils leur apprentissage. En ce qui concerne la dimension pragmatique, elle rend compte de l'organisation de la classe et de la période pour faciliter les apprentissages. Enfin, la dimension relationnelle est liée à la façon dont l'enseignant gère sa relation avec les élèves pour réussir à les maintenir actifs pendant le pilotage des activités. Selon le modèle, pour qu'une pratique effective soit réussie, il faut bien tenir compte des trois dimensions et de leur équilibre lors du pilotage des activités. Finalement, ce modèle permet de comprendre les activités situées d'enseignement en considérant le contexte, l'objet du savoir, les tâches proposées aux élèves, mais aussi - et surtout - la dynamique interactionnelle entre l'enseignant et l'élève (Vinatier, 2013).

Cette présente recherche, menée au Sénégal où la question de l'intérêt apparaît cruciale (ANSTS, 2003, 2013 ; CNPDEST, 2010d), a été guidée par la question de recherche suivante : quelle est la relation entre les pratiques enseignantes effectives dans les collèges et le développement de l'intérêt situationnel des élèves pour les sciences ?

Méthodologie et conception de la recherche

Participants

Pour les besoins de cette étude, 10 enseignants de physique-chimie des collèges de la région de Dakar au Sénégal ont été recrutés sur la base de leur expérience (minimum 5 ans) et de leur intérêt pour ce projet, et des invitations ont été transmises à leurs élèves. En conséquence, 600 étudiants de 10 classes distinctes se sont portés volontaires pour cette recherche. Les élèves avaient entre 15 et 16 ans et étaient en classe de 4^e et 3^e du cycle moyen. Le consentement des parents et des élèves a été obtenu.

Instruments

Afin de comprendre la relation entre les pratiques d'enseignement efficaces et le développement de l'intérêt situationnel de l'étudiant, nous avons analysé des observations enregistrées par caméra de leçons sur les mêmes thèmes (sujets) en physique et chimie, après quoi nous avons soumis un court questionnaire d'intérêt situationnel aux étudiants. Ce questionnaire est élaboré en tenant compte des recommandations de Hidi (2001, 2006) et de Silvia (2006). Ces auteurs ont suggéré d'envisager des concepts tels que : Attention soutenue (« J'étais très concentré lors du cours de sciences d'aujourd'hui »), Intérêt situationnel qui a été déclenché par la leçon (« J'aimerais vivre d'autres cours de sciences comme celui-ci »), Participation constructive (« Pendant le cours de sciences d'aujourd'hui, j'ai participé aux discussions ») et engagement cognitif (« Pendant la leçon, j'ai trouvé mes propres exemples [...] ») pour tenir compte de l'intérêt situationnel.

Procédure

Les données ont été recueillies sur une période de 5 mois (de janvier à mai 2017) au cours de laquelle les enseignants de physique-chimie participants ont été invités à enseigner leurs cours de sciences normalement sans modifier leurs pratiques habituelles. Trente observations enregistrées par caméra ont été faites (3 périodes par enseignant participant). Les thèmes touchés ont permis aux enseignants d'abordés les concepts tels que masse, masse molaire, molarité, relation poids-masse, acide-base, équation chimique, etc.

Analyse

Nous avons d'abord effectué une analyse de variance à mesures répétées à deux facteurs avec l'ordre (1^{re}, 2^e et 3^e périodes) comme facteur répété et le groupe comme facteur fixe. Ce test nous a permis d'identifier les différences intra et intergroupes. C'est sur cette base que nous avons choisi les périodes à analyser qualitativement. Deuxièmement, l'analyse des données d'observation s'est appuyée sur le modèle EPR (2013) qui propose l'étude des pratiques par l'analyse des activités situées. Cette analyse s'appuie sur des indicateurs tels que le but poursuivi à la fois par l'enseignant et les élèves, la résolution du but, la satisfaction, le volume de la parole, le positionnement des participants (consensuelles ou conflictuelles), etc. Les données issues de cette analyse ont fourni des détails supplémentaires sur l'intérêt situationnel des élèves (obtenues par questionnaire).

Résultats

Tout d'abord, nos résultats (ANOVA à mesures répétées) ont montré des différences significatives entre les scores de l'intérêt situationnel intra- et intergroupe. En effet, pour un même contenu enseigné par différents enseignants à différents groupes au même niveau scolaire, l'enseignement reçu par les élèves a produit des différences significatives dans leur intérêt situationnel (Figure 1). De même, l'enseignement offert par le même enseignant à un même groupe à des périodes différentes (sujets différents) présentait également des différences significatives dans ses effets (Tableau 1).

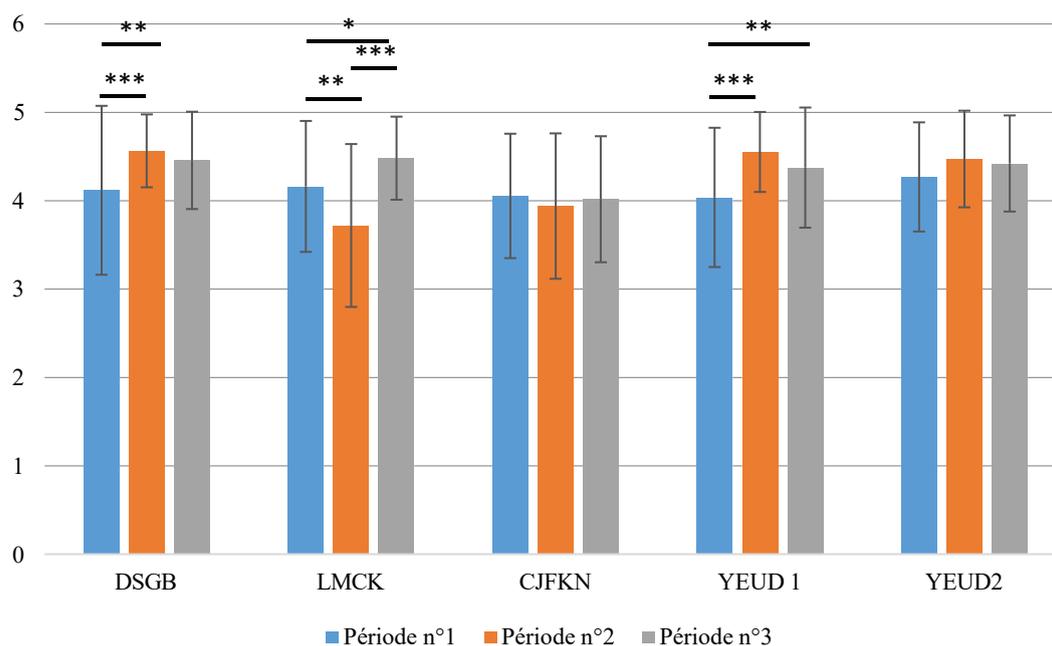


Figure 1 Différences intragroupes entre les scores relatifs à l'intérêt situationnel des élèves de 4^e avec écart type.

Variable	Interaction	Groupes (I)	Temps	Effets simples		P
				Groupes (J)	Diff.moy (J-I)	
Intérêt situationnel	[F(8,390) = 6,230; $p < ,001$; $\eta^2 = ,113$]	DSGB	1	-	-	
			2	LMCK	-0,845	< ,001***
			3	CJFKN	-0,625	< ,001***
		LMCK	1	-	-	
			2	DSGB	0,845	< ,001***
			3	YEUD1	0,832	< ,001***
		CJFKN	1	-	-	
			2	YEUD2	0,752	< ,001***
			3	CJFKN	-0,464	,008**
		YEUD1	1	-	-	
			2	DSGB	0,625	< ,001***
			3	YEUD1	0,612	< ,001***
		YEUD2	1	-	-	
			2	YEUD2	0,533	,005**
			3	DSGB	0,440	,01**
DSGB	1	-	-			
	2	LMCK	0,464	,008**		
	3	YEUD2	0,404	,041*		
LMCK	1	-	-			
	2	YEUD1	-0,832	< ,001***		
	3	CJFKN	-0,612	< ,001***		
CJFKN	1	-	-			
	2	LMCK	-0,752	< ,001***		
	3	CJFKN	-0,533	,005**		
YEUD1	1	-	-			
	2	LMCK	-0,752	< ,001***		
	3	CJFKN	-0,404	,041*		
YEUD2	1	-	-			
	2	LMCK	-0,752	< ,001***		
	3	CJFKN	-0,404	,041*		

Note. *, $p < ,05$; **, $p < ,01$; ***, $p < ,001$

Tableau 1 Analyse intergroupe des différences entre les scores relatifs à l'intérêt situationnel des élèves de 4^e (n = 200)

Deuxièmement, bien que de telles analyses qualitatives génèrent souvent des résultats complexes qui ne convergent pas toujours, nous avons observé une grande cohérence au sein de nos données. Les périodes qui ont déclenché l'intérêt situationnel ont été, sauf en de rares occasions, caractérisées par une co-résolution des difficultés d'apprentissage identifiées permettant d'atteindre des objectifs communs (E). L'intérêt situationnel a également été généré lorsque l'enseignant a systématiquement pris le temps de clore davantage les épisodes (P), et que la participation des élèves était plus fréquente et fortement valorisée (R). D'ailleurs, c'est cette dernière caractéristique qui semble être le facteur le plus déterminant pour prédire l'intérêt situationnel des étudiants (Tableau 2).

Indicateurs	Périodes		
	P ₁	P ₂	P ₃
<i>Temps de parole occupé par l'enseignant (%)</i>	50	75	80
<i>Temps occupé par les interactions (%)</i>	24	25	13
<i>Co-résolution des buts (%)</i>	33	30	33
<i>Épisodes bouclés (%)</i>	30	8	22
<i>Incidents (FTA)</i>	0	1	1
<i>Rétroaction positive (FFA)</i>	3	1	3
<i>Scores relatifs à l'intérêt situationnel</i>	4,29	3,44	3,79

Tableau 2 Présentation générale des indicateurs quantifiables des pratiques enseignantes vécues par les élèves du groupe BMCK associés au score relatif à l'intérêt situationnel

Nous avons quantifié certains indicateurs observés et les avons comparés aux scores liés à l'intérêt situationnel. Nos résultats quantitatifs (régression multi-niveaux) ont montré que la qualité générale de l'enseignement (équilibre entre les dimensions du modèle EPR) permet effectivement de prédire l'intérêt situationnel des étudiants ($p < .05$; $\beta < -0,1$ ou $\beta > 0,1$). En effet, certains facteurs des pratiques effectives, comme la co-résolution des buts, c'est-à-dire le temps d'interaction pendant le cours de sciences, ont eu un effet positif sur l'intérêt des étudiants. De plus, nos résultats ont confirmé la relation négative ($\beta = -,114$) entre l'enseignement directif et l'intérêt situationnel des élèves.

Indicateurs des pratiques enseignantes	Estimation (b)	Coefficients standardisés (β)	Erreur standard	ddl	t	p
<i>Co-résolution des buts</i>	,005	,113	,002	951	2,36	,019*
<i>Temps de parole de l'enseignant</i>	-,006	-,114	,002	1119	-2,38	,017*
<i>Rétroaction positive (FFA)</i>	,022	,101	,007	1157	2,99	,003**
<i>Incidents (FTA)</i>	-,393	-,170	,076	981	-5.16	,001***

Note. *, $p < ,05$; **, $p < ,01$; ***, $p < ,001$

Tableau 3 : Régression linéaire à effet mixtes avec ordonnée à l'origine aléatoire de la variable intérêt situationnelle des élèves

Résultats

Nos analyses nous ont relevé que certaines caractéristiques de la pratique effective qui, mal négociées, pourraient affecter la qualité des enseignements, et par conséquent l'intérêt des élèves. Les pratiques effectives qui considèrent l'équilibre entre les dimensions du modèle

EPR ont une incidence significative sur la qualité des apprentissages et surtout sur l'intérêt situationnel des élèves pour les sciences. Nous croyons que ces considérations permettent à l'enseignant de mieux prendre en compte le contexte réel, mais surtout la dynamique interactionnelle de la situation didactique. Nous comprenons, grâce à notre recherche, qu'au-delà de l'effet d'une stratégie quelconque, les enseignements qui considèrent la gestion des relations interpersonnelles affectent considérablement et positivement l'intérêt des élèves pour l'objet d'étude. Considérant que le sentiment d'efficacité personnelle (SEP) constitue un bon prédicteur de l'intérêt (Cheung, 2018 ; Häussler et Hoffman, 2000), il est vraisemblable que toute action qui valorise le SEP affecte également l'intérêt des élèves de manière positive.

Bibliographie

- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante: l'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*, 138, 85-93.
- Altet, M. (2003). Caractériser, expliquer et comprendre les pratiques enseignantes pour aussi contribuer à leur évaluation. *Les dossiers des Sciences de l'Éducation*, 10, 31-42.
- Altet, M., Bru, M., & Blanchard-Laville, C. (2012). *Observer les pratiques enseignantes*. L'harmattan.
- Altet, M., Kaboré, A. P., & Sall, H. N. (2015). *Recherche OPERA dans 45 écoles du Burkina Faso 2013-2014*.
- ANSTS. (2003). *Rapport général des ateliers préparatoires de la Rentrée Solennelle*. Dakar: Académie National des Sciences et Techniques du Sénégal
- ANSTS. (2013). *Situation de l'enseignement des sciences et de la technologie au Sénégal: États des lieux et perspectives*.
- Areepattamannil, S. (2012). Effects of Inquiry-Based Science Instruction on Science Achievement and Interest in Science: Evidence from Qatar. *The Journal of Educational Research*, 105, 134-146.
- Bolshakova, V. L. J., Johnson, C. C., & Czerniak, C. M. (2011). "It depends on what science teacher you got": urban science self-efficacy from teacher and student voices. *Cult Study of Science Education*, 6, 961-997.
- Bressoux, P. (2001). Réflexions sur l'effet-maître et l'étude des pratiques enseignantes. *Les dossiers des Sciences de l'Éducation*, 5, 35-52.
- Bru, M., Altet, M., & Blanchard-Laville, C. (2004). À la recherche des processus caractéristiques des pratiques enseignantes dans leurs rapports aux apprentissages. *Revue Française de Pédagogie*, 148, 75-87.
- Cheung, D. (2018). The key factors affecting students' individual interest in school science lessons. *International Journal of Science Education*, 40(1), 1-23.
- CNPDEST. (2010d). *Programme indicatif national pour la rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie. Principaux résultats du diagnostic et recommandations du terrain aux autorités et des autorités au terrain*.
- Hasni, A., & Potvin, P. (2015b). *L'intérêt pour les sciences e la technologie à l'école. Résultats d'une enquête auprès d'élèves du primaires et du secondaire au Québec*.
- Häussler, P., & Hoffmann, L. (2000). A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept. *Science education*, 84(6), 689-705.

- Hidi, S. (2001). Interest, reading, and learning: Theoretical and practical considerations. *Educational Psychology Review*, 13(3), 191-209.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational psychologist*, 41(2), 111-127.
- Hong, Z. R. (2010). Effects of a collaborative science intervention on high achieving students' learning anxiety and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 32(15), 1971-1988.
- Juuti, K., Lavonen, J., Uitto, A., Byman, E., & Meisalo, V. (2010). Science teaching methods preferred by grade 9 students in Finland. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 611-632.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27-50.
- OECD. (2006a). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A framework for PISA 2006*.
- OECD. (2006b). *Evolution of student interest in science and technology studies: Policy report*.
- Renninger, K. A., & Hidi, S. (2011). Revisiting the conceptualization, measurement, and generation of interest. *Educational psychologist*, 46(3), 168-184.
- Roth, K., & Garnier, H. (2006). What science teaching looks like: An international perspective. *Educational Leadership*, 64(4), 16-23.
- Saint-André, M. D. d., Montésinon-Gelet, I., & Morin, M.-F. (2010). Avantages et limites des approches méthodologiques utilisées pour étudier les pratiques enseignantes. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 13(2), 159-176.
- Silvia, P. J. (2006). *Exploring the psychology of interest*. Oxford University Press.
- Swarat, S., Ortony, A., & Revelle, W. (2012). Activity Matters: Understanding Student Interest in School Science. *Journal of research in science teaching*, 49(4), 515-537.
- Tupin, F. (2003). Jalons pour une problématique générale. *Les dossiers des Sciences de l'Éducation*, 10, 5-15.
- Vinatier, I. (2013). *Le travail de l'enseignant. Une approche par la didactique professionnelle*. (1 ed.). De Boeck.

Explorer la relation des élèves à l'animal sauvage

Raphaël Chalmeau^{1,2}, Aurélia Arzuffi³, Agnès Cristina³, Frédéric Santoul⁴

1 : Laboratoire GEODE, CNRS, Université Toulouse Jean Jaurès

2 : SFR-AEF, INSPE Toulouse Occitanie-Pyrénées

3 : École publique Pierre Mendès France, Ramonville Saint Agne, Ministère de l'Éducation Nationale

4 : Laboratoire Évolution et Diversité Biologique, Université Paul Sabatier Toulouse III

Résumé

L'animal, en tant que sujet d'étude, est présent dans les programmes de sciences à l'école primaire. Les élèves vont apprendre qu'il se définit par des caractéristiques biologiques et qu'il entretient des relations avec d'autres êtres vivants et avec son environnement. Dans ce contexte, nous explorons les relations entre les élèves et les animaux sauvages au sein d'un projet pédagogique qui implique une classe découverte en montagne, des sorties dans l'environnement proche et la réalisation d'un documentaire sur un animal sauvage vivant sur le même territoire que les élèves à l'aide de pièges photographiques. Nous présentons les premiers résultats sur les conceptions des élèves de deux classes de CM1-CM2 (9-10 ans), au sujet des animaux sauvages et des relations que les humains entretiennent avec eux, en analysant des questionnaires et des discussions sous forme de questions socialement vives. Cette première analyse nous conduit à identifier quelques enjeux relatifs à la biodiversité.

Mots-Clés : Relation à l'animal ; Biodiversité ; QSV ; Éthique ; École primaire.

Explorer la relation des élèves à l'animal sauvage

Cadre théorique

La relation à l'animal : une question socialement vive ?

L'épreuve récente du confinement lié à l'épidémie de Covid 19 a rendu visible la présence de l'animal sauvage en milieu urbain. A l'ère de l'anthropocène, notre distance à l'animal sauvage semble se réduire, en révélant des territoires qui hébergent les animaux sauvages de plus en plus restreints et impactés directement ou indirectement par les activités humaines. Des philosophes de l'environnement questionnent notre rapport « au sauvage », en proposant de « réensauvager » le monde (Cochet & Kremer-Cochet, 2020 ; Maris, 2018 ; Morizot, 2016). La question de ce qui caractérise l'animal sauvage et comment il est considéré par les humains est toujours en discussion par les sociologues et les philosophes (Begue-Shankland, 2022 ; Stépanoff, 2021 ; Van Dooren, 2022). La définition même du *sauvage* est-elle aussi objet de débats. Pour les sociologues, le *sauvage* marque la frontière entre la nature et la culture, entre les hommes et les animaux (Celka, 2012, p. 49). Micoud (2010) propose d'échapper cette binarité entre sauvage et domestique en présentant six catégories d'animaux selon qu'ils vivent dans un milieu artificiel (élevage, animaux familiers, animaux de loisirs) ou dans un milieu naturel (gibier, animaux protégés, animaux à problèmes...).

D'un point de vue historique, la relation au sauvage a elle aussi évolué dans les sociétés occidentales avec des populations humaines de plus en plus urbaines, une déconnexion à la nature de plus en plus importante et une pratique de la chasse de plus en plus questionnée et réduite en terme de pratiquants (Baratay, 2010 ; Fleury & Prévot, 2017 ; Gouabault & Burton-Jeangros, 2010 ; Stépanoff, 2021).

Dans ce contexte, la relation entre humains et non humains peut se cristalliser autour de questions socialement vives (QSV, Simonneaux et al., 2014 ; Vidal & Simonneaux, 2015 ; Vidal, 2022) quand il s'agit de conditions d'élevage, de pratiques sociales et culturelles (chasse, pêche, tauromachie, combats de chiens ou de coqs, etc.) ou encore du statut que les humains attribuent au animaux (le sanglier est-il un animal nuisible ? voir Mathevet & Bondon, 2022). En effet, depuis les années 1980, l'existence d'une sentience animale est documentée et admise dans la communauté scientifique, renouvelant dans la société la question du bien-être animal et plus globalement de notre relation avec les animaux (Begue-Shankland, 2022 ; Delfour, 2019 ; Delfour & Chalmeau, 2023 ; Haraway, 2021 ; Larrère, 2007). De plus, le statut juridique de l'animal, en France, s'est trouvé considérablement modifié par la loi publiée au Journal officiel le 17 février 2015 : l'animal est reconnu par le Code civil comme « un être vivant doué de sensibilité » et non plus comme un « bien meuble ».

Ces réflexions viennent aujourd'hui contribuer au questionnement de notre relation à l'animal et plus largement aux enjeux éducatifs relatifs à la biodiversité (Barroca-Paccard, 2022 ; Simard et al., 2022).

Regard didactique sur la relation à l'animal

Une des réponses possibles à une déconnexion des humains avec les autres animaux vivants, et des enfants en particulier, est de développer des « expériences de nature » qui

permettent de les reconnecter à la nature, mais aussi d'enrichir les relations aux êtres vivants non humains (Pyle, 2003 ; Fleury & Prévot, 2017). Étudier l'animal et permettre aux élèves de construire une relation à l'animal peut se réaliser en classe, notamment à l'aide d'un élevage (Dell'Angelo-Sauvage, 2005 ; Coquidé, 2015 ; Charles, 2015). Dans ce contexte, les élèves construisent des savoirs scientifiques sur les animaux élevés et observés et mobilisent également des compétences éthiques en s'occupant des animaux, en assurant leur bien-être (Dell'Angelo-Sauvage & Coquidé, 2006 ; auteurs 2 & 3, 2022 ; auteurs 4, 2023). Pour les enseignants, le développement d'une attitude de respect vis-à-vis du vivant est une compétence éthique centrale dans leurs objectifs (Dargent et al., 2006 ; Dell'Angelo-Sauvage et al., 2014, p. 147). En dehors des élevages en classe, les élèves peuvent être amenés à observer des animaux en captivité (fermes pédagogiques, parcs zoologiques) ou en liberté (inventaires dans le cadre de sciences participatives telles que Vigie Nature ; sortie dans une réserve naturelle ; voir par exemple Conversy et al., 2019). L'enfant construit cette relation à l'animal selon les expériences et le vécu proposés en classe ; les types de relation qu'il construit sont très divers et dépendants de ce qu'il vit aussi dans sa famille (Coquidé, 2015 ; Dell'Angelo-Sauvage, 2008). Cette relation peut en effet s'appuyer sur l'expérience d'un animal domestique qui contribue à développer davantage d'empathie à l'égard des animaux (Paul, 2000). Les animaux les plus proches de nous, les grands mammifères notamment, figurent parmi les animaux pour lesquels nous éprouvons davantage d'empathie et de compassion (Miralles et al., 2019). A l'inverse, les petits animaux éloignés des humains sur le plan phylogénétique, comme les insectes et les araignées en particulier, sont souvent des animaux qui provoquent la méfiance ou la peur (Franc et al., 2013).

De plus, l'affectif intervient par les émotions générées lors de ces relations : les enfants ont envie de toucher les animaux, de les protéger ou ils peuvent les rejeter par peur (Dell'Angelo-Sauvage, 2008, p. 11). En s'appuyant sur le modèle de Searles (1986), construit dans un cadre théorique psychothérapeutique, les modalités de relation affective avec le non-humain peuvent aller de (i) la *séparation* (temporaire) et la *coupure* (permanente), considérées comme le refus de reconnaître une parenté profonde avec le non humain, à (ii) l'*apparentement*, défini par la conscience d'une parenté intime avec le non humain en même temps que l'affirmation de sa propre individualité en tant qu'être humain, et à (iii) la *fusion* vue comme un état d'indistinction avec le non humain (Franc et al., 2013). L'animal est un objet/sujet d'étude de premier plan dans le domaine du vivant dès l'école maternelle et se poursuit jusqu'au cycle 3. Au-delà des savoirs scientifiques, les dimensions affectives et émotionnelles sont également impliquées dans les apprentissages. Franc, Reynaud et Hasni (2013) ont en effet montré que les élèves qui construisent des savoirs scientifiques sur les animaux manifestent davantage une relation de fusion et d'apparentement, en comparaison avec ceux qui n'ont pas travaillé sur les animaux qui restent dans une relation de coupure. D'après l'étude de Kellert (1985), les attitudes des enfants sont d'abord centrées sur les relations affectives et émotionnelles envers les animaux (de 6 à 9 ans) puis s'enrichissent d'explications cognitives ou factuelles (de 10 à 13 ans), pour finalement mobiliser un positionnement éthique et une préoccupation écologique. Les élèves de notre étude (CM1-CM2), étant âgés de 10 ans en moyenne, sont à la charnière des attitudes affectives et des savoirs scientifiques.

Afin de documenter comment les élèves de l'école primaire peuvent construire une relation

à l'animal sauvage, nous avons mis en œuvre un projet pédagogique autour de l'étude des animaux sauvages. En nous appuyant en particulier sur l'observation et l'étude d'animaux révélés par des pièges photographiques disposés autour de l'école, nous avons proposé des QSV aux élèves afin de questionner les relations entre humains et animaux non humains. Nous pensons qu'en construisant des savoirs scientifiques sur ces animaux et en questionnant les relations anthropozoologiques, certains élèves pourraient manifester une première préoccupation éthique.

Questions de recherche

Ainsi, deux questions de recherche sont explorées dans cette communication.

QR1 : Comment les élèves définissent-ils l'animal sauvage ?

QR2 : Quelle(s) relation(s) aux animaux sauvages les élèves de cycle 3 envisagent-ils ?

Quatre hypothèses sont mises à l'épreuve.

H1 : Les élèves opposent sauvage à domestique (Micoud, 2010).

H2 : Une relation de l'ordre de la fusion est corrélée à une dimension affective positive au contraire d'une relation de l'ordre de la coupure/séparation (Searles, 1986).

H3 : Les élèves sont plus nombreux à s'apparenter à un animal proche d'eux (Miralles et al., 2019). Les élèves des classes tests seront plus nombreux que les élèves des classes témoins à choisir un animal sauvage.

H4 : Les élèves des classes tests combineront davantage de savoirs scientifiques dans leurs arguments lorsqu'ils se mettent à la place de l'animal, contrairement aux élèves des classes témoins (Franc et al., 2013). Par ailleurs, certains de leurs arguments pourraient relever de considérations éthiques (Kellert, 2002).

Méthodologie de recueil des données

Contexte de la recherche

Le projet pédagogique est co-construit entre les enseignantes de deux classes de CM1-CM2 d'une école de la banlieue toulousaine et deux enseignants chercheurs, l'un en écologie et l'autre en sciences de l'éducation. Il se déroule sur l'année 2023-2024. Le projet pédagogique de ces classes est centré sur les animaux, la production de la vidéo étant une des finalisations du projet pour les élèves. En utilisant les séquences récupérées à partir de pièges photographiques disposés autour de l'école et dans la commune, les élèves vont réaliser un film documentaire et construire la narration dans une perspective scientifique. Les données analysées pour la recherche sont recueillies tout au long du projet pédagogique et sont de différentes natures (voir déroulement du projet).

Déroulement du projet

Les élèves ont bénéficié en début d'année (septembre) d'une semaine de classe découverte à la montagne au cours de laquelle ils ont visité un parc zoologique, une chèvrerie, participé à une activité de pêche en lac, et réalisé une randonnée. Au cours de cette semaine, des pièges photographiques ont été placés autour du centre d'hébergement (Artigues Campan, Hautes-Pyrénées) afin de voir quels animaux vivent dans le secteur. De retour dans leur école, le projet se poursuit avec la pose de pièges photographiques dans la commune. Les vidéos recueillies sont visionnées régulièrement.

Parallèlement aux travaux menés en extérieur et en classe, des questionnaires successifs sont proposés aux élèves (voir tableau 1). Les résultats des questionnaires sont présentés aux élèves et font l'objet de discussions dans les classes. Ces discussions, en s'appuyant sur des QSV², engagent les élèves à réfléchir aux relations entre humains et non humains.

Données recueillies

Les données recueillies concernent des réponses à des questionnaires (tableau 1) ainsi que des enregistrements de discussions en classe : les questionnaires 1 & 3 et les discussions afférentes pour deux classes de CM1-CM2 (n = 47) constituent le corpus analysé pour cette communication. Le questionnaire 3 a également été proposé à d'autres classes de cycle 3 ne travaillant pas sur l'animal sauvage, elles sont considérées comme classes témoins (n = 152).

Questionnaires	Thèmes abordés et <i>questions posées</i>
1 - sept 2023	Biodiversité, animal sauvage, dangers, relation aux animaux <i>1- Quels animaux de la montagne connais-tu ? Ecris une liste. 2- Quels animaux penses-tu voir en montagne pendant la semaine de classe découverte ? 3- Pour toi, qu'est-ce qu'un animal sauvage ? 4- Penses-tu que les animaux sauvages sont en danger ? Essaie d'expliquer ta réponse. 5- Ces 6 dessins représentent la relation que tu as avec les animaux. Entoure celui qui te correspond le mieux.</i>
2 - oct 2023	Retour sur la semaine découverte, préférences, relation aux animaux
3* - déc 2023	Si tu étais un animal, relation aux animaux <i>1- Sur quel animal as-tu choisi d'écrire un texte et pourquoi ? 2- Si tu étais un animal, lequel aimerais-tu être ? Explique pourquoi celui-ci ? 3- Quelle vie tu imagines si tu étais cet animal ? Où vivrais-tu ? Que ferais-tu ? Essaie de décrire ta vie. 4- Si tu étais un animal, lequel tu n'aimerais pas du tout être ? Explique pourquoi celui-ci ? 5- Ces 6 dessins représentent la relation que tu as avec les animaux. Ecris de quels animaux il s'agit sous les chiffres si ta relation est différente selon les animaux.</i>
4 - janv 2024	Animaux utiles versus nuisibles
5 - mars 2024	Animaux sauvages en ville
6 - mai 2024	Jeu de rôle sur les relations entre humains et non humains

Tableau 1 : Déroulement du projet et recueil de données (classes tests, n = 47).

*Seules les questions 2 à 5 ont été proposées à d'autres classes de la région toulousaine (n = 152)

En nous inspirant du modèle de Searles (1986) et de l'étude de Franc et al. (2013) sur la relation aux animaux, nous avons proposé aux élèves de se positionner en fonction de leur relation à l'animal le long d'un gradient qui va de la coupure/séparation à la fusion en passant par l'apparentement (voir figure 1).

^{2 1} Exemples de QSV à la base des discussions en classe :

Est-ce que animaux sauvages sont en danger ? (octobre 2023)

Est-ce important, est-ce positif ou est-ce un problème pour les humains qu'il y ait des animaux sauvages à Ramonville ? (novembre 2023)

Les animaux sauvages peuvent-ils être utiles ou nuisibles ? (mars 2024)

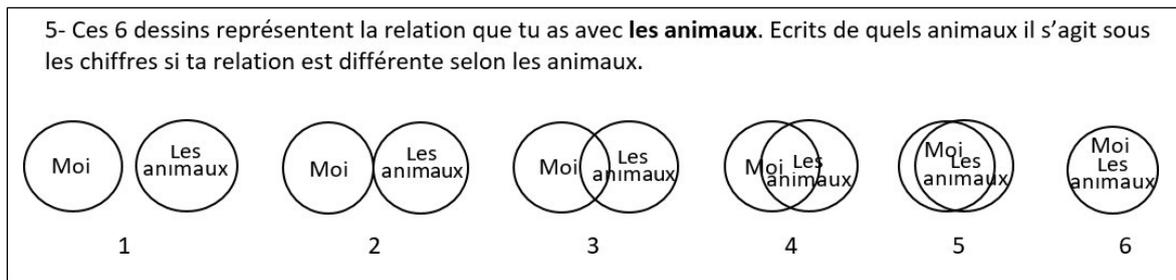


Figure 1 : Schéma utilisé pour questionner la relation à l'animal des élèves

Critères d'analyse

Par rapport à la première hypothèse, les réponses des élèves à la question 3 du questionnaire 1 ainsi que la discussion qui a suivi seront analysées en regard des critères définis par Micoud (2010).

La question de la relation à l'animal déclarée par les élèves est retranscrite en score de 1 (coupure/séparation) à 5 (fusion). Une corrélation entre la fusion et une relation affective positive (je l'aime parce que...) ainsi qu'entre la coupure et une relation affective négative (je ne l'aime pas parce que...) sera recherchée (hypothèse 2).

Le choix de l'animal par les élèves des classes tests, comme ceux des classes témoins, seront dépendants de la proximité phylogénétique : les animaux « que l'on aimerait être » seront plus proches de l'humain que les animaux « que l'on n'aimerait pas être » (hypothèse 3).

Les arguments des élèves pour justifier leurs choix seront catégorisés en savoirs scientifiques et en savoirs de sens commun. Les élèves des classes tests et témoins seront comparés sur le nombre d'arguments et la nature des arguments (scientifiques versus de sens commun, hypothèse 4). Les arguments relatifs à une préoccupation éthique seront relevés.

Une analyse de contenu des discussions cherchera à mettre en évidence les dimensions éthiques qui ressortent dans les arguments des élèves, ainsi que les positionnements anthropocentrés ou zoocentrés mobilisés selon les questions.

Résultats et éléments de discussion

Les premières analyses montrent que la majorité des élèves oppose effectivement la notion de sauvage à celle de domestique. En revanche, lors de la discussion, des propositions plus nuancées apparaissent, s'approchant parfois de celles de Micoud (2010). Le statut des animaux « sauvages domestiqués » présents dans les cirques fait l'objet de questionnements de la part des élèves qui révèlent des controverses caractéristiques des QSV. D'autre part, la didactique des QSV, qui sert de cadre au questionnement proposé aux élèves, est éprouvée dans ses intérêts et limites avec des élèves aussi jeunes (Simonneaux et al., 2014).

En réponse à la deuxième question de recherche, les trois hypothèses paraissent validées. Le choix de l'animal est effectivement dépendant de la proximité phylogénétique (Miralles et al., 2019). D'autre part, les élèves des classes tests choisissent davantage d'animaux sauvages que les élèves des classes témoins. Ils sont majoritairement dans une posture de fusion vis-à-vis de l'animal « aimé » et de coupure vis-à-vis de l'animal « mal aimé ». De plus, même si les dimensions affectives sont présentes dans les deux cas, les élèves des classes tests mobilisent davantage d'arguments scientifiques que ceux des classes témoins

(Franc et al., 2013). Certains d'entre eux vont même plus loin en témoignant de considérations éthiques. Il paraît probable que l'augmentation des connaissances scientifiques sur les animaux soit en relation avec l'apparition d'un questionnement éthique (Kellert, 2002).

Ces résultats permettent aussi de discuter de l'étude de la relation à l'animal comme contribution à une conscientisation plus large d'enjeux d'éducation à la biodiversité (Simard et al., 2022). En effet, si l'animal est un sujet d'étude à l'école, il nous paraît important d'engager les élèves à réfléchir aux relations entre les humains et les autres animaux pour conscientiser notre appartenance à la biodiversité et pour comprendre que ces relations dépendent de l'éthique animale mobilisée.

Le questionnement sur les relations anthropozoologiques, multiples et différenciées, en combinant des savoirs de sens commun et des savoirs scientifiques, en acceptant de réfléchir sur les dimensions affectives et émotionnelles impliquées, semble être un point d'appui pertinent pour entrer dans une pensée plus complexe et pour construire les premiers jalons d'une réflexion éthique.

Références

- Baratay, É. (2010). Les socio-anthropologues et les animaux : réflexions d'un historien pour un rapprochement des sciences. *Sociétés*, 2, 9-18.
- Barroca-Paccard, M. (2022). Comprendre et protéger la diversité du monde vivant : les fondements épistémologiques de la biodiversité. Dans C. Simard, M.-C. Bernard, C. Fortin et N. Panissal (Eds.), *Éduquer au vivant : Perspectives, recherches et pratiques*. Hermann, Presses de l'Université Laval, p. 111-126.
- Begue-Shankland, L. (2022). *Face aux animaux. Nos émotions, nos préjugés, nos ambivalences*. Paris, Odile Jacob.
- Chalmeau, R., & Chalmeau, S. (2023). Du dessin de représentation au dessin d'observation pour découvrir le vivant à l'école maternelle. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 27, 103-130.
- Chalmeau, R., Lafitole, M., Mourgues, S., Ramos Beato, M., Bergamaschi, G., & Mortelecque, L. (2024). Le dessin pour développer l'observation et la réflexion des élèves de maternelle. Dans P. Venturini & L. Pelissier (dir.), *Après les 12èmes rencontres scientifiques... Actualité des recherches en didactique des sciences et des technologies*, Éditions de l'Ardist, Toulouse, p. 369-389. [En ligne] <https://ardist.org/wp-content/uploads/2024/01/Apres-les-12e-Rencontres-scientifiques-de-lARDIST.pdf>
- Charles, F. (2015). Les rencontres des enfants avec le vivant à l'école maternelle. *SHS Web of Conferences*, 21, p. 03003, EDP Sciences.
- Celka, M. (2012). *L'animalisme : enquête sociologique sur une idéologie et une pratique contemporaines des relations homme/animal*. Thèse de doctorat, Sociologie, Université Paul Valéry-Montpellier III & Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Cochet, G., & Kremer-Cochet, B. (2020). *L'Europe réensauvagée : vers un nouveau monde*. Éditions Actes Sud.
- Conversy, P., Dozières, A., & Turpin, S. (2019). *Du naturaliste expert à l'élève: Enjeux*

- de la diversification des objectifs d'un programme de sciences participatives en France. *Éducation relative à l'environnement. Regards-Recherches-Réflexions*, 15(1).
- Coquidé, M. (2015). Se sentir vivant : quels enjeux d'éducation biologique ? *SHS Web of Conferences*, 21, p. 03001. EDP Sciences.
- Dargent, O., Dell'Angelo-Sauvage, M., & Dargent, G. (2006). La relation au vivant pour des élèves de lycée. *Le respect du vivant : perspectives curriculaires et éthiques. Bulletin pédagogique trimestriel de l'Association des Professeurs de Biologie-Géologie*, 1, 123-129.
- Delfour, F. (2019). Que pensent les dindes de Noël ? Oser se mettre à la place de l'animal. *Antispécisme et éthologie pour bâtir une nouvelle solidarité du vivant*. Tana.
- Delfour, F., & Chalmeau, R. (2023). Les éthologues écrivent-ils du côté des animaux ? Dans Eric Baratay (dir.), *Écrire du côté des animaux*. Paris, Éditions de la Sorbonne, p. 61-73.
- Dell'Angelo-Sauvage, M. (2005). La relation à l'animal pour construire un rapport aux vivants chez l'enfant, *Grand N*, 75, 77-92.
- Dell'Angelo-Sauvage, M., & Coquidé, M. (2006). Connaissance de son corps par la rencontre avec l'animal chez le jeune élève. *Aster*, 42, 37-56.
- Dell'Angelo-Sauvage, M. (2008). Éléments de caractérisation du rapport au vivant chez des élèves de 10-12 ans. *Didaskalia*, 33(1), 7-32.
- Dell'Angelo-Sauvage, M., Simard, C., Coquidé, M., & De Montgolfier, S. (2014). Enseignements relatifs aux vivants : quelles valeurs, quelles missions et quels moyens des enseignants ? dans Bernard, M.-C., Savard, A., & Beaucher, C. (dir.), *Le rapport aux savoirs : une clé pour analyser les épistémologies enseignantes et les pratiques de classe*. Québec, Livres en ligne du CRIRES, p 135-153.
- Fleury, C., & Prévot, A. C. (2017). *Le souci de la nature. Apprendre, inventer, gouverner*. CNRS éditions.
- Franc, S., Reynaud, C., & Hasni, A. (2013). Apprentissages en éducation à la biodiversité à l'école élémentaire : savoirs et émotions au sujet des arthropodes. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 8, 65-90.
- Gouabault, E., & Burton-Jeangros, C. (2010). L'ambivalence des relations humain-animal : une analyse socio-anthropologique du monde contemporain. *Sociologie et sociétés*, 42(1), 299-324.
- Haraway, D. (2021). *Quand les espèces se rencontrent*. Paris, Éditions la Découverte.
- Kellert, S. R. (1985). Attitudes toward animals: Age-related development among children. *Journal of environmental education*, 16(3), 29-39.
- Kellert, S. R. (2002). Experiencing nature: affective, cognitive and evaluative development in children. Dans P. H. Kahn & S. R. Kellert (éd.), *Children and Nature Psychological, Sociocultural and Evolutionary investigations*. Cambridge, The MIT Press, p. 117-151.
- Larrère, R. (2007). Justifications éthiques des préoccupations concernant le bien-être animal, *INRAE Productions Animales*, 20(1), 11-16.

- Maris, V. (2018). *La part sauvage du monde. Penser la nature dans l'Anthropocène*. Paris, Seuil.
- Mathevet, R., & Bondon, R. (2022). *Sangliers, géographies d'un animal politique*. Arles, Éditions Actes Sud.
- Micoud, A. (2010). Sauvage ou domestique, des catégories obsolètes ?. *Sociétés*, 2, 99-107.
- Miralles, A., Raymond, M., & Lecointre, G. (2019). Empathy and compassion toward other species decrease with evolutionary divergence time. *Scientific reports*, 9(1), 19555.
- Morizot, B. (2016). *Les Diplomates. Cohabiter avec les loups sur une autre carte du vivant*. Wildproject.
- Paul, E. S. (2000). Empathy with animals and with humans: Are they linked? *Anthrozoös*, 13(4), 194-202.
- Pyle, R. M. (2003). Nature matrix: reconnecting people and nature. *Oryx*, 37(2), 206-214.
- Searles, H. F. (1986). *L'environnement non-humain*. Paris, Gallimard.
- Simard, C., Fortin, C., Morin, E., & Turpin, S. (2022). La biodiversité : quelques enjeux socio-éducatifs. Dans Simard, C., Bernard, M.-C., Fortin, C., & Panissal, N. (dir.), *Éduquer au vivant : Perspectives, recherches et pratiques*. Hermann, Presses de l'Université Laval, p. 85-109.
- Simonneaux, J., Simonneaux, L., & Legardez, A. (2014). Les Questions Socialement Vives, une perspective de recherche didactique engagée. *Revue francophone du développement durable*, 4.
- Stépanoff, C. (2021). *L'animal et la mort. Chasse, modernité et crise du sauvage*. Paris, La Découverte.
- Van Dooren, T. (2022). *Dans le sillage des corbeaux. Pour une éthique multispécifique*. Arles, Éditions Actes Sud.
- Vidal, M., & Simonneaux, L. (2015). L'apprentissage du bien-être animal chez de futures professionnels animaliers : des éthiques animaux malmenées. *SHS web of conferences*, 21, p. 03006, EDP Sciences.
- Vidal, M. (2022). Eduquer au bien-être animal en élevage : se sentir vivant dans sa relation aux autres êtres qu'humains, dans C. Simard, M.-C. Bernard, C. Fortin & N. Panissal (dir.), *Éduquer au vivant : Perspectives, recherches et pratiques*, Hermann, Presses de l'Université Laval, p. 33-46.

Entre connaissances et expérience professionnelle : l'argumentation chez les enseignant.e.s

Martha Georgiou¹

1 : Département de biologie, Université nationale et kapodistrienne d'Athènes, Grèce

Résumé

Ces dernières années, la capacité d'argumenter chez les enseignants fait l'étude de plusieurs recherches. Notre recherche présente les résultats d'une étude dans laquelle 136 enseignants grecs, en formation et en exercice, ont répondu à un questionnaire sur l'évolution afin de déterminer ce qu'ils considèrent comme un argument et un contre-argument solides et complets. Les résultats montrent que les comparaisons entre les enseignants de biologie et ceux d'autres disciplines ne présentent pas de différences statistiquement significatives, bien que l'évolution relève de la biologie. En revanche, une différence statistiquement significative a été constatée entre les répondants avec et sans expérience d'enseignement, ce qui indique que la capacité à argumenter ne soit pas l'exclusive de la maîtrise d'une discipline, mais qu'elle s'améliore au fil des années d'enseignement.

Mots-Clés : Argumentation ; Science ; Évolution ; Futurs enseignants ; Enseignants en exercice.

Entre connaissances et expérience professionnelle : L'argumentation chez les enseignant.e.s

Introduction

Les capacités d'argumentation chez les élèves jouent un rôle important dans l'apprentissage des sciences. En effet, elles contribuent à la construction des savoirs scientifiques par les élèves ainsi qu'à la compréhension de la nature des sciences et les méthodes scientifiques (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008). Selon Erduran et Jiménez-Aleixandre (2008), l'argumentation est considérée comme un processus de justification des affirmations par des preuves et des raisons. Toulmin (2003) a aussi proposé un schémade structure d'argumentation largement accepté dans l'enseignement des sciences, avec des blocs de construction primaires et secondaires (primaire : affirmation, données, justification ; secondaire : qualificatif, appui, réfutation).

Ainsi, en tant que futurs citoyens, si les élèves sont formés à juger les données disponibles, à formuler, à expliquer et à évaluer des affirmations alternatives et opposées, ils pourront jouer un rôle dans une société démocratique en mettant en œuvre des actions responsables autour de questions socio-scientifiques telles que la crise climatique, les OGM, les questions énergétiques, etc. (Albe, 2008; Georgiou et al., 2013, 2016, 2020a,2020b; Maniatakou et al., 2020; Pabuccu & Erduran, 2017).

Cadre théorique et objectif de la recherche

Les enseignants ont une responsabilité en ce qui concerne la mise en œuvre de l'apprentissage de l'argumentation en classe. Ils doivent, d'une part, avoir une compréhension des règles et des modes d'argumentation et, d'autre part, mettre en œuvre des stratégies d'enseignement favorisant l'argumentation en classe (Archila, 2014). Selon McNeill et Pimentel (2010), leur rôle est d'engager les élèves dans un dialogue correctement structuré pour favoriser et encourager une communication directe entre eux. Ainsi, les élèves peuvent être impliqués dans l'évaluation des affirmations de leurs pairs et pas uniquement accepter l'évaluation des enseignants au cours du dialogue. Il est également nécessaire de se référer à des exemples afin que les élèves comprennent comment sont construits les arguments et comment ils sont formulés.

Cependant, les enseignants ne savent pas vraiment comment concevoir un cours fondé sur l'argumentation (Simon et al., 2006) et l'évitent donc parfois (Sampson & Blanchard, 2012). Si, ces dernières années, une grande attention a été portée au développement de nouvelles stratégies qui engagent les élèves dans un discours argumentatif (Albe, 2008; Dawson & Venville, 2009; Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2012; Simonneaux, 2001, 2002), Simon et al. (2006) soulignent que ces stratégies ne seront pas efficaces si les enseignants ne sont pas formés pour les introduire dans la classe. Bien que la nécessité pour les enseignants d'être formés pour mettre en œuvre des interventions pédagogiques sur l'argumentation soit soulignée, les recherches sur ce sujet, tant en Grèce (pays dans lequel la présente étude a été réalisée) qu'au niveau international, ne semblent pas être très nombreuses (Georgiou & Koumarelas, 2022).

D'où la nécessité de développer la recherche sur comment les enseignants appréhendent la question de l'argumentation en classe afin de concevoir, dans un deuxième temps, une formation efficace des enseignants.

L'objectif de cette étude est d'examiner ce que les professeurs de l'enseignement secondaire grec considèrent comme une argumentation et une contre-argumentation fortes et complètes concernant la théorie de l'évolution, et si cela est lié à leur expérience de l'enseignement et/ou à leur spécialisation disciplinaire. L'évolution a été choisie car il s'agit d'une théorie centrale et unificatrice de la biologie et, en outre, dans le système grec, elle est susceptible d'être enseignée au collège par des enseignants d'autres disciplines que la biologie, de sorte que des comparaisons peuvent être faites. Les questions de recherche sont donc les suivantes:

1. Qu'est-ce que les professeurs de sciences, de l'enseignement secondaire grec, considèrent comme un (contre-)argument solide concernant la théorie de l'évolution ?
2. Est-ce que leurs considérations sur un (contre-)argument solide sont liées à leur expérience de l'enseignement et/ou à leur spécialisation disciplinaire ?

Méthodologie

Une enquête a été réalisée au moyen d'un questionnaire fermé. Ce questionnaire se compose de trois parties et s'inspire d'une étude menée par Martín-Gámez et Erduran (2018). Son contenu est adapté pour aborder l'évolution et a d'abord été appliqué dans une étude pilote avec 49 participants (Georgiou & Koumarelas, 2022). La mesure de cohérence interne alpha de Cronbach dans les items de la 1ère et 2ème partie du questionnaire a été calculée, et les résultats permettent de conclure que ces parties fournissent des données cohérentes et acceptablement fiables (Creswell, 2002).

Participants

Au total, 136 enseignants grecs ont participé à cette recherche. Les enseignants actifs travaillaient dans l'enseignement public. En ce qui concerne leurs spécialisations, 59 étaient biologistes et les 77 autres appartenaient à différentes spécialisations (physiciens, chimistes, géographes) qui peuvent également enseigner l'évolution. En ce qui concerne l'expérience des répondants, 49% de l'échantillon sont en Master, tandis que 51% avaient au moins 10 ans d'expérience dans l'enseignement (avec des pourcentages presque égaux à la fois dans l'ensemble et dans les différentes disciplines).

Outil de recherche

La 1ère partie du questionnaire, Présenter un argument, identifie la capacité des enseignants à comprendre quels sont les éléments constitutifs d'un argument pour qu'il soit considéré comme solide. Elle comprend 3 questions accompagnées de 6 réponses, qui doivent être classées sur une échelle de 1 à 6, 1 étant la réponse contenant l'argument le plus fort et 6 la réponse contenant l'argument le moins fort (1 - affirmation, données étayant l'affirmation & condition dans laquelle l'affirmation ne serait pas valide (réfutation), 2- explication & données, 3- données uniquement, 4- idées étayant uniquement l'affirmation mais sans données probantes, 5- phrase faisant appel à

l'autorité, 6- affirmations contradictoires). La figure 1 donne un exemple des questions et des réponses.

Question 3

De nombreux serpents vivent dans les déserts du sud-ouest des États-Unis, notamment en Arizona. Plusieurs de ces serpents ont des rayures rouges, noires et jaunes qui les distinguent facilement de l'environnement dans lequel ils vivent. L'un de ces serpents produit un venin puissant et sa coloration vive sert de signal d'alarme pour les prédateurs potentiels. Il convient de noter que les proies inoffensives de cet habitat ressemblent aux proies dangereuses. Mais pourquoi ces espèces se ressemblent-elles autant ?

Classez les réponses ci-dessous en commençant par la plus convaincante (1) et en terminant par la moins convaincante (6) selon vous.

- Si ces espèces se ressemblent tant au niveau des couleurs, c'est parce qu'elles ont évolué grâce au mécanisme de la sélection naturelle. La sélection naturelle peut façonner les caractéristiques d'une population au fil du temps, en éliminant les traits qui ne sont pas favorables dans un environnement particulier et en augmentant la fréquence des traits qui offrent un avantage en termes de survie et de reproduction.
- La raison en est qu'ils obtiennent ainsi un avantage de survie dans les déserts de l'Arizona. La présence de prédateurs constitue la principale pression évolutive dans l'environnement désertique. Ce type de coloration est une adaptation qui peut agir comme un facteur de protection contre les prédateurs grâce à la sélection naturelle. La sélection naturelle peut façonner les caractéristiques d'une population au fil du temps. Par conséquent, les espèces présentant un motif de couleur jaune, noir et rouge ont un avantage de survie par rapport aux espèces ne présentant pas ce type de coloration, car les prédateurs savent qu'ils ne doivent pas s'approcher des serpents présentant ces couleurs vives. Si les proies inoffensives ne ressemblaient pas aux espèces venimeuses par leur coloration, leurs populations seraient extrêmement réduites en raison d'une consommation accrue par les prédateurs !
- Si ces espèces se ressemblent autant, c'est grâce à l'existence d'une pression évolutive et à l'action de la sélection naturelle, le mécanisme expliqué par Darwin.
- Dans les déserts de l'Arizona, les prédateurs des serpents sont le principal facteur environnemental qui détermine l'évolution de la couleur de ces serpents. Toutes les espèces non venimeuses ont donc des couleurs similaires entre elles et au serpent venimeux, car c'est ainsi qu'elles survivent mieux dans les déserts de l'Arizona. Les espèces non venimeuses, par sélection naturelle, ont acquis cette coloration, car celle-ci les protège plus efficacement de l'action des prédateurs.
- Ces espèces ont un motif de couleur similaire entre elles et au serpent venimeux car elles peuvent ainsi survivre plus facilement et se reproduire davantage dans les déserts de l'Arizona, où les prédateurs sont le facteur le plus décisif dans l'évolution de la coloration des serpents.
- Si ces quatre espèces différentes sont si semblables, c'est grâce à l'existence d'influences environnementales communes et à l'action de la sélection naturelle. Mais il est certain que le fait qu'elles partagent un ancêtre commun joue également un rôle important.

Figure 1 : Exemple de question et réponses de la 1ère partie

La 2ème partie du questionnaire, Contester l'argument, étudie la capacité des enseignants à argumenter contre une affirmation initiale erronée (contre-argumentation). Elle comprend trois questions avec une affirmation initiale accompagnée de 6 contre-arguments. Un classement a été demandé sur une échelle de 1 à 6 (1-contre-argument le plus fort avec tous les éléments ci-dessus y compris la réfutation, 2-contre-argument sans données, 3-contre-argument uniquement avec des

données scientifiques, 4-contre-argument uniquement, 5-affirmation d'une condition dans laquelle l'affirmation ne serait pas valide, et 6-objection la plus faible/principalement émotionnelle). Un exemple est présenté ci-dessous (figure 2).

Question 5

Marie étudie la résistance aux antibiotiques de certains micro-organismes et fait l'affirmation suivante : "Les antibiotiques provoquent des mutations chez les bactéries et, par conséquent, les bactéries peuvent survivre et survivent. C'est pourquoi le phénomène est le plus prononcé dans les hôpitaux et les unités de soins intensifs". Sa camarade Despina n'est pas d'accord avec elle et répond : "Je ne suis pas d'accord parce que....."

Classez les arguments suivants en commençant par le plus convaincant (1) et en terminant par le moins convaincant (6) selon vous.

- Les mutations de résistance aux antibiotiques se produisent au hasard dans le matériel génétique des bactéries et sont indépendantes de la présence ou de l'absence d'un antibiotique. Cependant, en présence de l'antibiotique, les bactéries qui n'y sont pas résistantes diminuent drastiquement ou disparaissent, alors qu'à l'inverse, les bactéries résistantes survivent et se multiplient de manière très importante.
- La résistance des bactéries existait avant que l'antibiotique ne pénètre dans l'environnement. Cependant, en présence de l'antibiotique, les bactéries qui y sont résistantes survivent et se multiplient beaucoup plus que les bactéries non résistantes. La cause de la résistance bactérienne n'est donc pas l'antibiotique. De plus, en ce qui concerne les soins intensifs, une autre raison qui renforce le phénomène désagréable est le fait qu'il s'agit d'environnements stériles, donc s'il y a une bactérie résistante aux antibiotiques, elle n'a pas de concurrence avec les autres bactéries non résistantes. Selon votre affirmation, chaque fois que nous recevons un antibiotique, il devrait les faire muter, donc il ne nous couvrirait pas lors d'une administration ultérieure, mais ce n'est pas le cas.
- Les mutations ne sont pas causées par les antibiotiques, ces derniers font simplement apparaître des bactéries qui sont déjà résistantes à un antibiotique, puisque la résistance des bactéries existait indépendamment et avant que l'antibiotique ne pénètre dans l'environnement. En outre, il n'a pas été démontré dans des expériences pertinentes que les antibiotiques peuvent réellement provoquer une sorte de mutation dans le matériel génétique des bactéries.
- La résistance aux antibiotiques existe indépendamment de la présence ou de l'absence d'un antibiotique. Toutefois, en présence d'un antibiotique, elle est mise en évidence.
- Vous êtes-vous demandé si vous ne considérez pas la question de manière unilatérale et si vous ne pouviez pas voir qu'il existe d'autres opinions, très raisonnables, qui ne sont pas d'accord avec la vôtre ? Si les antibiotiques peuvent provoquer des mutations dans le matériel génétique des bactéries, n'y a-t-il pas un risque qu'ils provoquent également des mutations dans notre ADN ?
- Si vous aviez raison, à chaque fois qu'on nous donnerait un antibiotique, il faudrait que des bactéries résistantes soient créées à cause de lui, donc il ne nous couvrirait pas lors d'une administration ultérieure, il ne servirait à rien. Mais ce n'est pas le cas. Il aurait également fallu prouver expérimentalement que les antibiotiques provoquent des mutations, ce qui n'a pas non plus été le cas.

Figure 2 : Exemple de question et réponses de la 2ème partie

La 3^{ème} partie comprend des questions visant à recueillir l'avis des enseignants sur un certain nombre de points (activités visant à promouvoir le dialogue argumentatif en classe, fréquence de l'utilisation de l'argumentation, etc.), mais elle ne fait pas ici l'objet d'une présentation.

Collecte et analyse des données

Le questionnaire a été distribué aux participants. Les réponses ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS 25. Des statistiques descriptives et des comparaisons entre les réponses des enseignants ayant une expérience et des spécialités différentes ont ensuite été effectuées.

Résultats - Discussion

Un score individuel a été obtenu à partir des réponses de chaque enseignant aux 6 questions (réponse correcte : 1 point, réponse incorrecte : 0). Le score maximum que l'on peut obtenir est donc de 36 (6*6). L'analyse des statistiques descriptives montre que la valeur moyenne des scores totaux des répondants est faible (score moyen de 19,1), ce qui indique que la compréhension de l'argumentation est limitée dans cet échantillon d'enseignants.

Comparaison des réponses en fonction de l'expérience d'enseignement

La comparaison des scores avec la présence ou l'absence d'expérience d'enseignement a révélé une différence statistiquement significative entre les enseignants avec et sans expérience d'enseignement ($p=0,015$). Ce résultat indique que l'expérience d'enseignement améliore la capacité d'argumentation des enseignants. L'analyse séparée des parties 1 et 2 du questionnaire a révélé à nouveau des différences statistiquement significatives entre les enseignants expérimentés et non expérimentés, ce qui indique que l'expérience d'enseignement influence à la fois le niveau de l'argumentation (partie 1) et de la contre-argumentation (partie 2).

Il semble que les futurs enseignants ne puissent pas identifier un argument complet. Cependant, cela a un impact sur les étudiants, en d'autres termes, s'ils ont eux-mêmes des difficultés à formuler un contre-argument de manière méthodique et complète, il leur sera très difficile d'enseigner avec succès aux élèves comment y parvenir (Archila, 2014; Sampson & Blanchard, 2012; Simon et al. 2006).

Il est donc possible que l'expérience de l'enseignement améliore *de facto* leur capacité d'argumentation, mais cette méthode ne peut pas être suffisante car elle repose sur le vécu plutôt que sur des connaissances réelles en matière de formulation d'arguments, comme le montre le faible score moyen des enseignants expérimentés (22,3/36). Par ailleurs, le fait que les enseignants comparent les arguments proposés à des questions spécifiques et qu'on ne leur demande pas de les construire par eux-mêmes démontre plus fortement leur faiblesse dans le domaine de l'argumentation. Cela révèle la nécessité d'introduire des programmes de formation pour promouvoir l'argumentation afin qu'il y ait un seuil initial de connaissances lorsque l'on enseigne pour la première fois dans une classe, afin que tous les étudiants aient les mêmes chances

Comparaison des réponses par spécialité

En comparant les enseignants en Biologie avec et sans expérience d'enseignement avec les enseignants d'autres disciplines, aucune différence statistiquement significative n'a été constatée. La raison de ce regroupement et de cette comparaison est que l'on s'attendrait théoriquement à ce que les « biologistes » aient un avantage relatif sur leurs collègues d'autres disciplines, mais cette hypothèse a été réfutée. Cette constatation renforce la précédente, car elle révèle que la compétence disciplinaire n'est pas la seule condition préalable à l'argumentation. Les professeurs de biologie ayant des connaissances sur la théorie de l'évolution n'ont pas identifié des arguments forts (partie 1) ou des contre-arguments (partie 2) dans une plus large mesure que les « non-biologistes ». Il est donc évident qu'un enseignement explicite de l'argumentation est nécessaire pour une compréhension approfondie de l'argumentation et pour son application correcte à un niveau d'enseignement donné (Sampson & Blanchard, 2012; Simon et al., 2006; Zohar & Nemet, 2002).

Conclusions

Dans la présente recherche, il a été examiné si l'expérience et le bagage de connaissances spécifiques des enseignants grecs jouent un rôle dans leur capacité à argumenter sur les questions d'évolution. Il est apparu qu'ils présentent généralement des faiblesses, comme dans une étude similaire en Espagne (Martín-Gámez & Erduran, 2018) et que le facteur expérience joue un rôle et est positivement corrélé avec la capacité à identifier les (contre-)arguments. En revanche, la même corrélation n'a pas été trouvée lorsque nous avons examiné les réponses données par les enseignants de biologie et les autres. En conclusion, la discipline n'est pas une condition suffisante pour développer l'argumentation.

Par conséquent, étant donné qu'il est possible que les lacunes présentées reflètent la faible efficacité de l'enseignement de l'argumentation, il serait nécessaire de mettre davantage l'accent sur la formation des futurs et actuels enseignants au développement de l'argumentation, à son utilisation, à son approche méthodologique et à son utilité, étant donné qu'il s'agit d'un objectif fort de l'éducation scientifique et en même temps d'une composante de la littérature scientifique (Dawson & Venville, 2009).

Bibliographie

- Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38(1), 67-90.
- Archila, P. A. (2014). Argumentation in chemistry teacher education: Past, present and future opportunities. *Revista Científica Vozes dos Vales*, 6, 1-12.
- Creswell, J. W. (2002). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative* (Vol. 7). Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.

- Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31(11), 1421-1445.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). *Argumentation in science education. Perspectives from classroom-Based Research*. Springer: Dordrecht.
- Erduran, S. & Jimenez-Aleixandre, M. P. (2012). "Research on Argumentation in Science Education in Europe." In *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective*, edited by D. Jorde and J. Dillon, 253–289. Rotterdam: Sense Publishers.
- Georgiou, M. (2016). Capacité des étudiants à développer des arguments scientifiques sur des questions biologiques ayant des implications sociales : une intervention didactique ciblée sur la question de la biotechnologie. Thèse de doctorat, Université nationale et kapodistrienne d'Athènes (EKPA), École d'éducation. Département de l'enseignement primaire. (en grec)
- Georgiou, M. and Koumarelas, D. (2022) Argumentation des enseignants de sciences grecs. *Enseignement des sciences : Recherche et pratique*. 84, 30-42 (en grec).
- Georgiou, M. and Mavrikaki, E. (2013) "Greek students' ability in argumentation and informal reasoning about socioscientific issues related to biotechnology. In C.P. Constantinou, N Papadouris, & A Hadjigeorgiou (ed.), Proceedings of the 10th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), pp. 1158-1166, Nicosia Cyprus.
- Georgiou, M., Mavrikaki, E. & Constantinou, C.P. (2020) Is teaching Biology through socioscientific issues enough for the development of argumentation skills? In B. Puig, P. B. Anaya, M. J. G. Quilez, M. Grace (Eds.) *Biology Education Research. Contemporary topics and directions. A selection of papers presented at the XII Conference of European Researchers in Didactics of Biology - ERIDOB 2018*, pp. 177-186. Zaragoza: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.
- Georgiou, M., Mavrikaki, E., Halkia, K., & Papassideri, I. (2020). Investigating the impact of the duration of engagement in socioscientific issues in developing Greek students' argumentation and informal reasoning skills. *American Journal of Educational Research*, 8(1), 16-23.
- Maniatakou, A., Papassideri, I., & Georgiou, M. (2020). Role-play activities as a framework for developing argumentation skills on biological issues in secondary education. *American Journal of Educational Research*, 8(1), 7-15.
- Martín-Gámez, C., & Erduran, S. (2018). Understanding argumentation about socio-scientific issues on energy: a quantitative study with primary pre-service teachers in Spain. *Research in Science & Technological Education*, 36(4), 463-483.
- McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229.
- Pabuccu, A., and S. Erduran. 2017. "Beyond Rote Learning in Organic Chemistry: The Infusion and Impact of Argumentation in Tertiary Education." *International Journal of Science Education* 39 (9): 1154–1172.

- Sampson, V. & Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122-1148.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927.
- Simonneaux, L. (2002). Analysis of classroom debating strategies in the field of biotechnology. *Journal of Biological Education*, 37(1), 9-12.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

Effets d'une formation sur l'argumentation concernant les questions socio-scientifiques sur les connaissances didactiques d'enseignants et d'enseignantes du collège

Wassef Hammami¹, Manuel Bächtold², Valérie Munier², Elodie Clayette³, Nolwenn Lorenzi Bailly², Gwen Pallares¹, Valérie Tartas³, Florence Mauroux³

1 : CEREP, Université de Reims Champagne-Ardennes

2 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Education et Formation, Université de Montpellier, Université Paul-Valéry Montpellier 3

3 : CLLE, Université de Toulouse, CNRS

Résumé

Cette étude explore l'impact d'une formation à l'enseignement des compétences argumentatives à partir de Questions Socioscientifiques sur les connaissances des enseignants du collège. Ce projet est basé sur la mise en œuvre de débats numériques et de retours réflexifs collectifs sur ces débats. 22 enseignants de cinq collèges et quatre disciplines (français, histoire-géographie, physique-chimie et SVT) ont été formés et ont répondu à un questionnaire en début et fin de formation. Les données ont été analysées en termes de CK (Content Knowledge) et de PCK (Pedagogical Content Knowledge). Les résultats montrent que les enseignants, avant formation, ont des PCK plutôt adaptées concernant le guidage et l'évaluation de l'argumentation des élèves, mais ne maîtrisent que partiellement les CK liées aux normes de l'argumentation sur des QSS. La formation a des effets globalement positifs, plus marqués concernant les CK que les PCK, ce qui souligne la complexité de développer certaines PCK.

Mots-Clés : Formation ; Argumentation ; QSS ; Connaissances ; PCK.

Effets d'une formation sur l'argumentation concernant les questions socio-scientifiques sur les connaissances didactiques d'enseignants et d'enseignantes du collège

Introduction

Les questions socio-scientifiques (QSS), que l'on peut définir de façon minimale comme des questions de société impliquant les sciences (Sadler, 2009), occupent une place centrale dans la vie démocratique de nos sociétés. Ces questions sont complexes (Morin et al. 2014) dans la mesure où elles mettent en jeu des connaissances relevant de domaines variés (sciences, économie, sociologie, politique, santé...) ainsi que des valeurs (Sadler & Zeidler, 2005 ; Sadler & Fowler, 2006 ; Jiménez-Aleixandre et al., 2006). Elles sont également ouvertes au sens où elles admettent en général une pluralité de réponses possibles (Habermas, 2001). Enfin, elles sont marquées par l'incertitude des connaissances en jeu, pouvant concerner l'évolution future de la société, de la planète ou des technologies (Morin et al., 2014 ; Morin, Simonneaux & Tytler, 2017).

Ainsi, former les élèves pour qu'ils puissent participer aux débats de manière raisonnée sur ces questions sociétales et politiques constitue un enjeu éducatif majeur (Kolstø, 2001). En effet, il est crucial qu'ils se familiarisent avec les QSS et qu'ils développent leur esprit critique et leurs compétences argumentatives sur de tels sujets (Evagorou & Dillon, 2020 ; Morin, Simonneaux, & Tytler, 2017 ; Sadler, 2004 ; Simonneaux & Simonneaux, 2005) afin qu'ils puissent prendre des décisions éclairées, une fois confrontés à ces questions dans le cadre de leur vie démocratique (Albe, 2008 ; Albe & Pedretti, 2013 ; Driver et al., 2000 ; Kolstø, 2001 ; Sadler et al., 2004). Les faire débattre sur des QSS constitue ainsi une opportunité de développer des compétences essentielles pour la formation à la citoyenneté (Breton, 2000 ; Gausse, 2016).

Cela nécessite, de fait, de former des enseignants et enseignantes capables de développer ces compétences complexes chez les élèves. Dans la continuité des travaux de Shulman (1986), nous considérons que le métier d'enseignant nécessite, en plus des connaissances liées aux contenus à enseigner (*Content Knowledge*, CK), des connaissances spécifiques de l'enseignement de ces contenus (*Pedagogical Content Knowledge*, PCK). En particulier, de telles connaissances (CK et PCK) sont requises pour enseigner l'argumentation sur des QSS. Dans cette communication, nous étudions ces connaissances chez des enseignantes¹ de collège et la manière dont elles évoluent à la suite d'une formation associant des enseignantes de différentes disciplines (français, histoire-géographie, sciences de la vie et de la Terre et physique- chimie) en se basant sur une mise en œuvre dans les classes d'un débat numérique suivi d'un retour réflexif collectif².

¹ Dans toute la suite du texte nous emploierons le féminin de majorité dans la mesure où notre expérimentation implique davantage de femmes.

² Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet AREN-DIA financé par l'ANR (n°ANR-22-FRAN-0001).

Ancrage théorique

Les normes de l'argumentation

L'argumentation peut alors être décrite comme une pratique sociale fondée sur un ensemble de normes (Kuhn et al., 2013 ; Nussbaum, 2021), lesquelles correspondent aux standards d'une bonne argumentation partagés par les individus participant à cette pratique (Kuhn et al., 2013). Certaines de ces normes sont génériques, c'est-à-dire communes à tous les contextes dans lesquels l'argumentation est pratiquée, tandis que d'autres sont spécifiques du contexte dans lequel l'argumentation est pratiquée (Weinstock et al., 2004). Dans cette communication, nous décrivons l'argumentation sur les QSS en termes de trois normes génériques – justification, prise en compte d'autrui et questionnement – et de trois normes spécifiques aux QSS – complexité, incertitudes et ouverture (Bächtold et al., 2023).

Des recherches antérieures montrent que les élèves ont souvent peu d'occasions de pratiquer l'argumentation en sciences (Jimenez-Aleixandre et al., 2000). Simon et al. (2006) suggèrent que le manque de PCK des enseignants et enseignantes pour concevoir, faciliter et évaluer des activités qui favorisent l'argumentation pourrait être une raison pour laquelle elle n'est pas plus répandue dans les salles de classe.

Les PCK sur l'argumentation

Plusieurs catégorisations des PCK ont été proposées (pour une revue, voir Cross, 2021). Nous retenons ici celle de Magnusson et al. (1999), très utilisée en didactique des sciences francophone, qui distinguent cinq composantes des PCK : PCK sur les difficultés des élèves, sur les stratégies d'enseignement, l'évaluation, le curriculum. Ces quatre composantes sont chapeautées par une cinquième composante, « orientation pour l'enseignement des sciences ». Dans la continuité de McNeil et al. (2016), nous mobilisons cette caractérisation pour étudier les PCK des enseignantes sur l'argumentation et les QSS en référence aux normes citées précédemment.

Questions de recherche

La présente étude vise à concevoir une formation qui permette de renforcer les connaissances des enseignantes, l'objectif sous-jacent étant de promouvoir une intégration plus solide de l'argumentation dans leurs pratiques pédagogiques. Cette formation s'appuie sur une étude récente montrant que la combinaison de la pratique répétée de débats sur les QSS combinée à des activités réflexives constitue une stratégie pédagogique efficace (Bächtold et al., 2023).

En se concentrant spécifiquement sur le domaine relativement peu exploré des CK et des PCK liés à l'argumentation et aux QSS, cette étude cherche à approfondir notre compréhension de cet enjeu crucial de l'éducation scientifique. Les deux questions de recherches explorées dans cette étude sont les suivantes :

- QR1 : Quelles sont les CK et PCK des enseignantes sur l'argumentation sur les QSS ?
- QR2 : Quelles sont les effets de cette formation sur les CK et PCK des enseignantes sur l'argumentation sur les QSS ?

Méthodologie

Description de la formation et participants

Les données ont été recueillies dans le cadre du projet AREN-DIA qui implique trois académies (Montpellier, Toulouse et Reims). La formation a été déployée sur les trois sites par les chercheurs engagés dans le projet. Elle s'est déroulée sur quatre demi-journées et a concerné 22 enseignantes (sept enseignantes d'histoire géographie, six de français, cinq de physique chimie et quatre de SVT). Elle incluait des apports théoriques (normes génériques et spécifiques de l'argumentation sur des QSS) et une formation à un dispositif didactique (Pallarès et al., 2020 ; Bächtold et al., 2023) basé sur l'utilisation d'une plateforme numérique de débat.

Cette plateforme offre la possibilité à un grand nombre d'élèves de participer simultanément à un débat, à partir d'un texte, en leur accordant le temps nécessaire pour élaborer leurs arguments tout en permettant de conserver une trace des échanges, ce qui constitue un support pour un travail réflexif.

Les enseignantes sont accompagnées pour mettre en œuvre ce dispositif didactique dans leur classe. Elles doivent ainsi choisir un texte, le plus souvent un article issu d'un journal d'informations, lequel comportait une ou plusieurs QSS s'inscrivant dans leurs programmes, sélectionner un texte portant sur cette QSS, faire débattre les élèves à partir de ce texte via la plateforme puis mener avec eux une activité réflexive sur les arguments mobilisés lors de ce débat. Ces activités réflexives visent à travailler avec les élèves certaines caractéristiques des QSS et de l'argumentation (selon les classes : importance de la justification, prise en compte d'autrui, complexité des QSS, questionnement et incertitudes). La dernière séance de formation est dédiée à des retours d'expérience et à une analyse du déroulement des débats et des activités réflexives réalisées dans les classes.

Recueil des données

Pour étudier les CK et PCK sur l'argumentation des enseignantes et leur évolution, nous avons développé un questionnaire transmis aux enseignantes avant et après la formation. Ce questionnaire comportait huit questions ouvertes et six questions fermées (avec une échelle de 1 à 7 adaptée à chaque question). Ces questions portent sur les connaissances générales des enseignantes sur l'argumentation et sur les QSS ainsi que sur les différentes catégories de PCK (en référence à la catégorisation de Magnusson, voir tableau 1). Ces questions sont complétées par un ensemble de questions contextualisées inspirées des

travaux de McNeill et al. (2016) et Sengul et al. (2020). Ces dernières s'appuient sur des extraits d'un débat fictif sur les voitures électriques. Les enseignantes devaient évaluer certains arguments des élèves et se positionner sur une échelle d'accord (de 1 à 7) par rapport à différentes stratégies de guidage lors du débat (pour un exemple cf. Figure 1 en annexe).

N° et type de question	Objet de la question	Type de connaissance évaluée
Q1 – Ouverte	Définition d'une bonne argumentation	CK argumentation
Q2 – Ouverte	Définition d'un argument à destination des élèves	CK argumentation
Q3 – Ouverte	Caractéristiques les plus importantes des QSS	CK QSS
Q4 – Fermée	Clarté des objectifs attribués à l'enseignement des QSS au collège (de très flous à très clairs)	PCK curriculum
Q5 – Ouverte	Objectifs de l'enseignement des QSS	PCK orientation
Q6a – Fermée	Pertinence d'organiser des débats entre élèves (de pas du tout à très pertinent)	PCK stratégie
Q6b – Ouverte	Justification	PCK orientation
Q7 – Fermée	Explicitation dans les programmes des enjeux d'apprentissage de l'argumentation (de pas du tout à très explicites)	PCK curriculum
Q8 – Fermée	Difficulté perçue de l'apprentissage de l'argumentation (de très difficile à très facile)	PCK difficultés
Q9 – Ouverte	Difficultés des élèves dans l'apprentissage de l'argumentation	PCK difficultés
Q10 – Ouverte	Difficultés spécifiques de leurs élèves	PCK difficultés
Q11 – Ouverte	Stratégies d'enseignement efficaces pour favoriser l'apprentissage de l'argumentation	PCK stratégie
Q12 – Fermée	Fréquence d'évaluation des compétences argumentatives des élèves (de jamais à très souvent)	PCK évaluation
Q13 – Fermée	Difficulté perçue de l'évaluation de l'argumentation (de très difficile à très facile)	PCK évaluation
Questions contextualisées	Positionnement par rapport à des stratégies de guidage (7 item)	PCK stratégie
Questions contextualisées	Évaluation d'arguments d'élèves (7 items)	PCK évaluation

Tableau 1 : Questions et leurs liens avec les CK et PCK

Méthodologie d'analyse

Une grille d'analyse des questions ouvertes a été construite sur la base du cadrage théorique. Concernant les CK, nous avons notamment cherché à repérer les normes génériques et spécifiques de l'argumentation sur des QSS et à voir si les enseignantes envisageaient l'argumentation comme un processus. Concernant les représentations des enseignantes sur les objectifs de l'enseignement de l'argumentation sur des QSS (PCK orientation), nous avons repéré la mention des compétences de littératie scientifique et épistémique, des compétences argumentatives, citoyennes et de l'esprit critique. Concernant les PCK sur les difficultés des élèves sur l'argumentation et sur les QSS, nous avons codé le fait que les enseignantes indiquent : le manque de compétences argumentatives, de connaissances ou de culture générale, des difficultés relationnelles et langagières. Enfin, en ce qui concerne les PCK sur les stratégies d'enseignement de l'argumentation, nous avons cherché à voir si les enseignantes mentionnaient la pratique

répétée de l'argumentation, les activités réflexives, l'organisation d'un débat et les éléments liés au choix du sujet sur lequel faire débattre les élèves. La présence de chacun de ces critères a été codée 1, leur absence 0, et nous avons établi un taux d'occurrences pour chaque critère. Un double codage a été réalisé et les cas de désaccord ont été discutés systématiquement. Pour les questions fermées, nous avons calculé pour chaque question la moyenne du score obtenu sur l'échelle d'accord. Afin de déterminer si les évolutions des CK et PCK suite à la formation sont significatives, nous avons procédé à des tests statistiques de comparaison : test de McNemar mid-p pour la comparaison des taux et test de Wilcoxon pour la comparaison des moyennes.

Résultats

Les CK et PCK avant formation

Les données relatives aux CK et PCK des enseignantes avant formation figurent en annexe dans les tableaux 2 et 3. Concernant les CK, on observe que la moitié des enseignantes mentionne la norme *justification*, qu'une faible proportion mentionne les normes *prise en compte d'autrui* et *questionnement* et que moins d'un tiers fait référence spontanément à la complexité des QSS. Ils sont moins nombreux encore à mentionner les incertitudes et l'ouverture des QSS. Concernant les PCK orientation, il ressort qu'une large proportion des enseignantes associe à l'argumentation sur des QSS l'objectif de développer des compétences citoyennes et des compétences argumentatives. Pour les PCK difficultés, les difficultés langagières des élèves sont celles mentionnées par le plus d'enseignantes, avant les compétences argumentatives, les difficultés relationnelles et le manque de connaissances. En termes de PCK *stratégies*, la pratique répétée de l'argumentation est la stratégie la plus souvent mise en avant par les enseignantes, à savoir par la moitié d'entre eux. Peu mentionnent spontanément les débats en classe. Cependant, lorsqu'on les interroge explicitement sur les débats, ils considèrent de façon assez unanime qu'il s'agit d'une stratégie pertinente. Face à une mise en situation de classe fictive, leur stratégie de guidage et d'évaluation de l'argumentation des élèves apparaît en moyenne plutôt pertinente.

L'évolution CK et PCK des enseignantes après formation

À la suite de la formation, la plupart des CK et PCK évoluent positivement, bien que faiblement et le plus souvent de façon non significative. Les normes *prise en compte d'autrui* et *questionnement* ne sont toujours mentionnées que par une minorité d'enseignantes. Les trois caractéristiques des QSS ressortent plus souvent des réponses, celle de la complexité dans une large mesure et celle des incertitudes dans une faible mesure. Les activités de débats et réflexives sont plus souvent mises en avant comme stratégies pour développer l'argumentation, mais les activités réflexives ne le sont encore que par une minorité des enseignantes. Enfin, on n'observe pas d'évolution positive concernant le guidage et l'évaluation de l'argumentation des élèves. Nous n'avons pas pu

mettre en évidence de différence significative selon les disciplines d'enseignement, mais uniquement des tendances, ce qui peut être dû à la taille relativement petite de l'échantillon.

Discussion

Les résultats avant formation montrent que les enseignantes de collège ont une pratique plutôt pertinente du guidage et de l'évaluation de l'argumentation des élèves. Cependant, ils mettent aussi en évidence un manque de connaissances concernant les normes génériques et spécifiques de l'argumentation sur des QSS, ainsi que sur les caractéristiques des QSS, ce qui souligne le besoin de proposer des formations dans ce domaine. La formation implémentée dans cette étude, basée sur la pluridisciplinarité, une mise en œuvre et un retour réflexif sur cette mise en œuvre, a des effets globalement positifs qui sont plus marqués concernant les CK que les PCK. Les PCK *stratégies* ont évolué au niveau macro des types d'activités à mettre en place (débat et activités réflexives notamment), mais non au niveau plus micro des activités de guidage et d'évaluation (face à des arguments d'élèves). Toutefois, cette différence est à nuancer car le niveau au pré-test pour ce deuxième type de PCK stratégie est déjà relativement élevé et donc la marge de progression possible plus faible. De plus, les enseignantes n'ont mis en place qu'un débat et une analyse réflexive. L'expérimentation répétée du dispositif l'année suivante pourrait avoir davantage d'impact sur ces PCK. Globalement, ces résultats pointent les difficultés à faire évoluer certaines PCK. Ils dessinent également des axes de réflexion pour penser une formation sur l'argumentation sur des QSS qui puisse répondre aux enjeux éducatifs forts qui traversent les programmes de différentes disciplines.

Bibliographie

- Albe V. (2008), « When Scientific Knowledge, Daily Life Experience, Epistemological and Social Considerations Intersect: Students' Argumentation in Group Discussions on a Socio-scientific Issue », *Research in Science Education*, vol. 38, p. 67-90.
- Albe, V., & Pedretti, E. (2013). Introduction to the Special Issue on Courting Controversy: Socioscientific Issues and School Science and Technology. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 303-312.
- Bächtold, M., Pallarès, G., De Checchi, K et Munier, V. (2023). Combining debates and reflective activities to develop students' argumentation on socio-scientific issues, *Journal of research in Science Teaching*, 60(4), 761-806.
- Breton, P. (2000). Citoyenneté et enseignement de l'argumentation. In *Actes des Premières Rencontres inter-IUFM*.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Erduran, S., Ozdem, Y., & Park, J.-Y. (2015). Research trends on argumentation in science education: A journal content analysis from 1998-2004. *International Journal of STEM Education*, 2(5).
- Evagorou, M., & Dillon, J. (2020). Introduction: Socio-scientific issues as promoting responsible citizenship and the relevance of science. In *Contemporary trends and issues in science education* (pp. 1–11). Springer.

- Gaussel, M. (2016). Développer l'esprit critique par l'argumentation : de l'élève au citoyen. *Dossiers de veille de l'IFÉ, 108*, Lyon : ENS de Lyon.
- Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A., & Duschl, R. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education, 84*(6), 757–792.
- Kolstø, S. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education, 85*(3), 291–310.
- Kuhn, D., Zillmer, N., Crowell, A., & Zavala, J. (2013). Developing norms of argumentation: Metacognitive, epistemological, and social dimensions of developing argumentative competence. *Cognition and Instruction, 31*(4), 456–496.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95–132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McNeill, K., González-Howard, M., Katsh-Singer, R., & Loper, S. (2015). Pedagogical content knowledge of argumentation: Using classroom contexts to assess high-quality PCK rather than pseudoargumentation. *Journal of Research in Science Teaching, 53*(2), 261–290.
- Morin, O., Simonneaux, L., Simonneaux, J., Tytler, R., & Barraza, L. (2014). Developing and Using an S3R Model to Analyze Reasoning in Web-Based Cross-National Exchanges on Sustainability. *Science Education, 98*(3), 517-542.
- Morin, O., Simonneaux, L., & Tytler, R. (2017). Engaging with socially acute questions: Development and validation of an interactional reasoning framework. *Journal of Research in Science Teaching, 54*(7), 825–851.
- Nussbaum, M. (2021). Critical integrative argumentation: Toward complexity in students' thinking. *Educational Psychologist, 56*(1), 1–17.
- Pallarès, G., Bächtold, M., & Munier, V. (2020). Des débats numériques pour développer les compétences argumentatives des élèves sur des questions socioscientifiques ? *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies, 22*, 265-301.
- Sadler, T. (2004). Moral and ethical dimensions of socioscientific decision-making as integral components of scientific literacy. *Science Educator, 13*, 39–48.
- Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualisations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education, 26*(4), 387-410.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education, 89*(1), 71–93.
- Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation. *Science Education, 90*(6), 986-1004.
- Sadler, T. (2008). Socioscientific issues in science education: labels, reasoning, and transfer. *Cultural Studies of Science Education, 4*(3), 697–703.
- Şengül, Ö., Enderle, P., & Schwartz, R. (2020). Science teachers' use of argumentation instructional model: linking PCK of argumentation, epistemological beliefs, and practice. *International Journal of Science Education, 42*(7), 1068–1086.

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Simonneaux L. & Simonneaux J. (2005). Argumentation sur des questions socio-scientifiques. *Didaskalia*, 27, 79–108.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 235–260.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weinstock, M., Neuman, Y., & Tabak, I. (2004). Missing the point or missing the norms? Epistemological norms as predictors of students' ability to identify fallacious arguments. *Contemporary Educational Psychology*, 29(1), 77–94.

Annexes

Annexe 1 : exemple de question contextualisée

<p>- Texte : « Il faut interdire toutes les voitures à essence en France d'ici 2030. »</p> <p>- Elève A : « Je suis pour, il faut arrêter ces voitures qui polluent. À la place, on peut utiliser des voitures électriques. Elles ne polluent pas. »</p> <p>Question 1 : Comment évaluez-vous l'intervention de l'élève A ?</p> <p>a. C'est une intervention non argumentée, car l'élève se base sur une connaissance erronée.</p> <p>b. C'est une intervention argumentée, car l'élève affirme un point de vue et le justifie.</p> <p>(Les élèves devaient répondre en entourant un chiffre sur l'échelle d'accord)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: left;">Non pas du tout d'accord</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: right;">Oui tout à fait d'accord</td> </tr> </table> <p>Question 2 : On peut imaginer plusieurs réactions de la part de l'enseignant. Que pensez-vous des différentes options suivantes ?</p> <p>a. L'enseignant corrige l'élève avec une mise au point scientifique (sur la pollution qu'impliquent les voitures électriques).</p> <p>b. L'enseignant demande à l'élève de faire une recherche sur internet pour vérifier son affirmation.</p> <p>c. L'enseignant intervient dans le débat par une question qui porte sur la source ou la justification de l'affirmation de l'élève.</p> <p>d. L'enseignant n'intervient pas et laisse aux autres élèves le soin de réagir.</p> <p>(Les élèves devaient répondre en entourant un chiffre sur l'échelle d'accord)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: left;">Pas du tout pertinente</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: right;">Tout à fait pertinente</td> </tr> </table>											Non pas du tout d'accord	1	2	3	4	5	6	/	Oui tout à fait d'accord	Pas du tout pertinente	1	2	3	4	5	6	/	Tout à fait pertinente
Non pas du tout d'accord	1	2	3	4	5	6	/	Oui tout à fait d'accord																				
Pas du tout pertinente	1	2	3	4	5	6	/	Tout à fait pertinente																				

Annexe 2 : Taux avant et après formation des variables CK et PCK associées aux questions ouvertes (codage binaire 0 ou 1)

Catégorie de CK ou PCK	Variable	Condition	Taux	Taux d'évolution	P
CK argumentation	Norme_justification	Pre-test	.5		
		Post-test	.773	.55	.065
CK argumentation	Norme_autrui	Pre-test	.136		
		Post-test	.227	.67	.453
CK argumentation	Norme_questionnement	Pre-test	.045		
		Post-test	.273	5.07*	.031
CK argumentation	Processus	Pre-test	.136		
		Post-test	.364	1.68	.109
CK argumentation	Argument_justification	Pre-test	.545		
		Post-test	.636	.17	1
CK QSS	Complexité	Pre-test	.318		
		Post-test	.636	1*	.021
CK QSS	Incertitudes	Pre-test	.045		
		Post-test	.273	5.07*	.031
CK QSS	Ouverture	Pre-test	.273		
		Post-test	.545	1	.092
PCK orientation	Objectif_QSS_littératie_scientifique	Pre-test	.318		
		Post-test	.318	0	1
PCK orientation	Objectif_QSS_compétences_argumentatives	Pre-test	.773		
		Post-test	.727	-.06	.688
PCK orientation	Objectif_QSS_esprit_critique	Pre-test	.364		
		Post-test	.5	.37	.344
PCK orientation	Objectif_QSS_compétences_citoyennes	Pre-test	.864		
		Post-test	.955	.11	.25
PCK difficultés	Manque_compétences_argumentatives	Pre-test	.545		
		Post-test	.636	.17	.508
PCK difficultés	Manque_connaissances	Pre-test	.273		
		Post-test	.364	.33	.508
PCK difficultés	Difficultés_relationnelles	Pre-test	.455		
		Post-test	.318	-.30	.289
PCK difficultés	Difficultés_langagières	Pre-test	.636		
		Post-test	.591	-.07	.686
PCK stratégie	Pratique_répétée_argumentation	Pre-test	.5		
		Post-test	.5	0,00	1
PCK stratégie	Activités_réflexives	Pre-test	.182		
		Post-test	.273	.5	.453
PCK stratégie	Débats	Pre-test	.273		
		Post-test	.5	.83	.146
PCK stratégie	Choix_sujet_à_débattre	Pre-test	.318		
		Post-test	.227	-.29	.508

Note : * pour $p < .05$ indiquant une évolution significative entre pré- et post-test (McNemar mid-p test)

Annexe 3 : Moyennes avant et après formation des variables PCK associées aux questions fermées (échelles de 1 à 7)

Catégorie de PCK	Variable	Condition	Moyenne	Ecart type	Taux d'évolution	p
PCK orientation	Clarté_objectifs_enseignements_QSS	Pre-test	3.636	1.432		
		Post-test	4.455	1.792	.23*	.021
PCK curriculum	Enjeux_explicites_apprentissage_argumentation	Pre-test	3.909	1.601		
		Post-test	4.5	1.683	.15	.120
PCK difficultés	Apprentissage_argumentation_facile	Pre-test	3.273	1.486		
		Post-test	3.636	1.049	.11	.234
PCK stratégie	Pertinence_organisation_débats	Pre-test	6.273	0.985		
		Post-test	6.455	0.800	.03	.330
PCK stratégie	Pratique_guidage_pertinente	Pre-test	5.156	0.724		
		Post-test	4.89	0.657	-.05	.162
PCK évaluation	Fréquence_évaluation_argumentation	Pre-test	4.727	1.120		
		Post-test	4.682	1.427	.01	.838
PCK évaluation	Evaluation_argumentation_facile	Pre-test	4.182	1.181		
		Post-test	4.409	0.908	.05	.318
PCK évaluation	Pratique_évaluation_argumentation_pertinente	Pre-test	5.149	0.685		
		Post-test	5.383	0.937	.05	.286

Note : * pour $p < .05$ indiquant une évolution significative entre pré- et post-test (test de Wilcoxon)

La pédagogie par la nature

Marine Jacq¹, Patricia Marzin-Janvier¹, Damien Grenier¹

1 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique, Université de Brest, Université de Rennes 2, Institut Brestois des Sciences de l'Homme et de la Société, Université de Rennes

Résumé

La PPN est une pédagogie alternative délivrée dans des structures permettant aux enfants de fréquenter régulièrement un milieu naturel inspirant. Nous cherchons à modéliser les potentialités d'apprentissage en posant la question de ce que les enfants peuvent apprendre et comment ils l'apprennent. Pour cela, nous mobilisons le concept de praxéologie de Yves Chevallard auquel nous associons celui de rapport au vivant. Nous analysons le discours de l'institution à travers trois ouvrages ressources afin d'aboutir à un modèle praxéologique institutionnel. Nous modélisons quatre genres de tâches communs, et nous montrons que, pour un même type de tâches, les techniques proposées divergent. L'analyse du logos montre que les autrices ne mentionnent pas de savoirs savants, mais plutôt des savoirs communs ainsi que des enjeux de protection, de respect et de connexion à la nature. Les enfants pourraient établir un rapport au vivant dans les aspects affectif, cognitif, imaginaire et spirituel.

Mots-Clés : Institution ; Pédagogie par la nature ; Praxéologie ; Rapport au vivant et à la nature.

La pédagogie par la nature (PPN)

Modéliser les potentialités d'apprentissage en situation de pédagogie par la nature par une organisation praxéologique institutionnelle

Contexte : approche scientifique de la pédagogie par la nature (PPN)

En dehors de l'Éducation nationale, le plus souvent en contexte d'éducation non formelle, des structures en pleine nature pratiquent la PPN. Selon les pays, ce sont des écoles de la forêt, des *forest schools* ou des *Waldkindergärten* (jardins d'enfants en forêt) que des réseaux nationaux tentent de fédérer. Des différences entre ces structures existent, mais les questions qui nous préoccupent dans un premier temps sont de cerner ce qui, dans ces différents contextes, semble être similaire. Les adultes encadrants les ateliers de PPN sont appelés en France des pédagogues par la nature. Nous conserverons ce terme pour notre étude.

Nous décrivons la PPN comme une pédagogie alternative dans laquelle les enfants et les adultes suivent des ateliers dans un milieu naturel, si possible boisé, de manière régulière et répétée. Dans ce contexte hors les murs nous cherchons à identifier les potentialités d'apprentissage scientifique des enfants. Il a en effet été montré que les séances d'éducation en plein air étaient favorables à l'apprentissage (Kuo et al., 2019). Un ouvrage sorti récemment s'intéresse à l'éducation par la nature, via notamment la proposition d'une typologie des représentations de la nature en éducation (Partoune & Sauvé, 2024) ou encore l'apprentissage de l'écologie scientifique sur le terrain (Turpin & Lieury, 2024).

L'étude que nous menons est englobée dans un travail de thèse, pour lequel nous avons interrogé plusieurs pédagogues et observé (et filmé) des enfants en situation de PPN. Ici, nous présentons l'analyse de trois ouvrages ressources qui proposent des activités relevant de cette pédagogie.

Nous interrogeons les potentialités d'apprentissages scientifiques que nous cherchons à modéliser à travers la praxis et le logos de la praxéologie de Yves Chevallard (Chevallard, 1999).

Cadre théorique

La praxéologie institutionnelle

D'après la théorie anthropologique du didactique, la praxéologie permet de modéliser toute activité humaine :

Le postulat de base de la TAD fait violence à cette vision particulariste du monde social : on y admet en effet que *toute* activité humaine régulièrement accomplie peut être subsumée sous un modèle *unique*, que résume ici le mot *praxéologie*. (Chevallard, 1999, p. 223)

Il s'agit alors de modéliser la praxis (le savoir-faire) et le logos (le savoir sur la pratique), à partir de nos observations des activités des enfants dans des structures en dehors. Pour cela nous mobilisons ce cadre théorique qui nous permet d'interroger les potentialités d'apprentissages pour les enfants. La praxis est constituée de tâches, types de tâches (ce que l'enfant fait) et techniques (comment l'enfant résout la tâche). Le logos est un discours sur la

pratique et est composé de technologies (ce qui justifie et explique la technique) et de théories (ce qui justifie et explique la technologie).

D'après Yves Chevallard, les apprentissages dépendent de l'institution dans laquelle le sujet se trouve. Elle est un dispositif social qui impose à ses sujets des manières de faire et de penser propres (Chevallard, 2002). L'institution dont il est question est celle de la pédagogie par la nature, qui englobe l'ensemble des situations décrites précédemment. Construire une praxéologie institutionnelle consiste alors à réaliser une modélisation du discours institutionnel qui prend en compte ce qui est attendu par l'institution : il s'agit pour le chercheur de reconstruire la praxis et le logos à partir des instructions officielles, en fonction de ses propres problématiques (Chaachoua, 2010). Nous choisissons de réaliser cette modélisation en lien avec le rapport au vivant.

Le rapport au vivant ou à la nature

Le concept de vivant est toujours soumis à débat et il n'existe pas de définition qui fasse consensus dans la communauté scientifique (Roy & Marlot, 2018). Coquidé avance trois approches épistémologiques : « le vivant comme réduction, comme extension, une approche du vivant comme relations » (Coquidé, 2015, p. 4). Afin de prendre en compte la complexité du vivant, les approches réductionnistes sont cependant remises en question pour favoriser des approches plus systémiques (Dell'Angelo-Sauvage & Gallezot, 2018).

Le concept de nature est à la fois très utilisé dans le langage commun comme dans le langage scientifique. Au début du XXe siècle aux États-Unis, deux conceptions se sont affrontées. John Muir défendait la nature pour elle-même dans l'idéal de la wilderness : c'est le préservationnisme. Gifford Pinchot défendait aussi la protection de la nature mais dans l'objectif de conserver suffisamment de ressources pour les générations futures : c'est le conservationnisme. La PPN prend davantage ses racines dans le préservationnisme de John Muir (Cree & McCree, 2012).

Le concept de rapport au vivant a été utilisé en contexte scolaire par Michèle Dell'Angelo-Sauvage (2008) : l'enfant construit un rapport au vivant sur différents aspects. Elle a ainsi catégorisé plusieurs registres permettant de définir ce rapport : registre affectif, registre pratique et registre cognitif. Elle ajoute qu'en dehors de l'école, ces registres et les dimensions associées peuvent évoluer, notant que « des dimensions liées à l'imaginaire, au culturel voir au sacré seraient à rajouter » (Dell'Angelo-Sauvage, 2008, p. 7-32).

Questions de recherche

En référence à ces cadres théoriques, nous posons les questions suivantes :

- Comment modéliser une praxéologie institutionnelle de la pédagogie par la nature à partir de documents ressources choisis ?
- Comment mettre en lien la praxis et le logos modélisés avec le rapport au vivant et à la nature potentiellement construit chez les enfants ?

Modélisation de la praxis

Modélisation des types de tâches

Afin de sélectionner des ouvrages ressources, nous avons consulté les sites Internet des

différents réseaux, puis questionné des pédagogues par la nature français et anglais. Nous avons finalement conservé trois ouvrages qui sont fréquemment utilisés par les praticiens pour y trouver des activités à destination des enfants (Wauquiez, 2009 ; Knight, 2016 ; d'Erm & RPPN, 2022). Ceux-ci nous permettent de modéliser la praxéologie institutionnelle. Pour cela, nous commençons par rechercher ce que font les enfants, leurs activités, en les sélectionnant à travers trois critères :

- les activités doivent avoir été observées dans nos investigations sur le terrain (entretiens ou observations d'ateliers) ;
- les activités doivent être proposées pour elles-mêmes et ne pas être des sous-
 - activités ;
- les activités doivent être partagées par les trois autrices.

Nous souhaitons en effet aboutir à un modèle praxéologique (MPI) qui soit le plus partagé possible, afin qu'il puisse refléter au mieux les invariants de l'institution en termes de praxis et de logos.

La structure globale du MPI est organisée autour de 4 genres de tâches (Chevallard, 1999) :

- Construire
- Créer
- Écouter
- Observer

Ces genres de tâches, qui sont les verbes à l'infinitif relatifs aux types de tâches, nous permettent de générer des types de tâches. Pour cela, nous utilisons l'outil T4TEL (Chaachoua & Bessot, 2019). En établissant des variables qui permettent de distinguer différents types de tâches, nous établissons, pour chaque verbe à l'infinitif, plusieurs types de tâches. Ces types de tâches peuvent aussi comporter des sous-types de tâches. Ce qui nous donne la structure suivante (les lettres majuscules correspondent à l'ouvrage d'où le type de tâche est issu) :

T1 : Construire une cabane (W, K, D) T2 : Créer avec de la peinture (W, K, D)

T3 : Créer une œuvre de nature (W, K, D)

T4 : Créer des visages modelés avec de la boue (W, K, D)

T5 : Écouter les bruits de la nature (K, D)

T5.1 Écouter les bruits des animaux (W)

T5.1.1 Écouter les bruits des oiseaux (D)

T6 : Observer la nature (K, D)

T6.1 Observer des traces d'animaux (W)

T6.2 Observer des animaux (W)

T6.2.1 Observer des insectes (D)

T6.3 Observer des bourgeons pousser (W)

Le fait que certaines tâches comportent des sous-types de tâches est lié à ce que nous trouvons dans les ouvrages pour les activités sélectionnées selon la méthodologie utilisée. Le genre de tâche « construire » ne possède qu'une seule variable : « une cabane ». Les genres de tâche « observer » et « écouter » possèdent chacun plusieurs variables, ce qui nous donne des tâches comportant un verbe avec des compléments à chaque fois différents.

Modélisation des techniques

Ces types de tâches sont ensuite soumis à un autre questionnement afin de modéliser les techniques : comment les enfants résolvent-ils ces tâches ? Nous aboutissons alors à une liste de techniques, elles-mêmes subdivisées en types de tâches. Nous prenons comme exemple le type de tâche T4 : « créer des visages modelés avec de la boue ». Nous voyons que chaque autrice propose une technique différente.

(W, p. 91)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Écouter une histoire sur les habitants de la forêt. 2) Marcher dans la forêt à pas de loup. 3) Avec de la boue, former des visages de nains sur des troncs d'arbres.
(K, p. 70)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Former une flaque de boue avec de l'eau, de la terre et un dispositif d'agitation. 2) La placer dans une vieille couverture ou une casserole. 3) Gratter, avec la main ou une cuillère, pour obtenir une boulette de la taille de la main. 4) Façonner la boulette avec les mains. 5) Choisir un arbre. 6) Coller la boulette de boue sur l'arbre. 7) Ajouter plus de boue si nécessaire. 8) Percevoir sa relation à l'arbre. 9) Donner la forme appropriée à la boue. 10) Ajouter des éléments naturels : plumes, graines, feuilles. 11) Admire l'œuvre créée.

(D, p. 187)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Choisir un arbre. 2) Avec de la boue ou de l'argile naturelle façonner un visage ou différents éléments du visage sur le tronc d'arbre. 3) Lisser les bords du visage pour qu'il adhère au tronc. 4) Ajouter des matériaux naturels pour décorer : sourcils moussus, moustaches de fougères, couronnes de brindilles...
-------------	---

Tableau 1 Techniques proposées pour le type de tâche « créer des visages modelés avec de la boue »

Si le type de tâche est partagé par les autrices, les techniques proposées diffèrent. Wauquiez (2009) évoque un rapport au vivant proche de l'imaginaire. Chez Sara Knight (2016) et Pascale d'Erm (2022) il est question de rapport cognitif par le choix de l'arbre. Le rapport affectif apparaît dans les trois ouvrages, à travers le contact physique avec l'arbre et la terre.

Modélisation du logos

Nous nous demandons ensuite comment les autrices justifient les techniques. Toutes les justifications proposées ne font pas référence à une norme scientifique. Nous effectuons alors une sélection et ne conservons que les éléments de justifications qui pourraient relever d'une référence scientifique, et qui soient des savoirs mobilisables par les enfants. Nous arrivons alors à vingt-six justifications.

Celles-ci suggèrent que les enfants pourraient mobiliser des savoirs sur la nature, des attitudes permettant de la protéger et de la respecter, ainsi qu'une relation avec elle. Nous les relierons au type de rapport au vivant que cela pourrait faire advenir.

Les savoirs sur la nature

Les savoirs sur la nature concernent majoritairement des propriétés sur les matériaux naturels comme leur capacité à laisser des traces (K) et les colorants présents dans ces matériaux (D, W). Il est aussi question d'en savoir plus sur les habitats des animaux dans la nature (W).

La protection et le respect de la nature

D'autres justifications concernent la protection de la nature : ne pas prélever, laisser pousser, utiliser des liens naturels, connaître les plantes protégées et les plantes toxiques (D), prélever en petite quantité, marcher doucement (W). Les technologies modélisées ici suggèrent que l'enfant puisse comprendre l'impact de certains gestes sur la nature.

La connexion à la nature

Des savoirs liés à des dimensions plus affectives et spirituelles apparaissent : il s'agit de créer un lien avec la nature, ou avec l'esprit intérieur d'un arbre. Notons que ces dimensions sont présentes dans les trois ouvrages.

Nous voyons des similitudes et des singularités apparaître. La connexion à la nature (affective ou spirituelle) est un enjeu pour les trois autrices. Les savoirs sur la nature partagés concernent les propriétés des matériaux. Les enjeux de protection de la nature sont davantage présents dans l'ouvrage français (d'Erm & RPPN, 2022).

Discussion et conclusion

Nous proposons ici un modèle praxéologique institutionnel pour la PPN, construit à partir de trois ouvrages ressources. Notre étude montre que certains types de tâches sont partagés, mais que les techniques proposées pour réaliser ces tâches varient d'une autrice à l'autre. Il nous paraît alors judicieux de parler de micro-institutions pour qualifier chacun des ouvrages.

Les justifications apportées par les autrices ne sont pas à proprement parlé des technologies au sens où l'entend Chevallard car elles ne font pas référence à des savoirs scientifiques. Nous pointons la nécessité d'adapter ce cadre théorique pour qualifier des savoirs n'ayant pas de validité scientifique.

Les savoirs sur la nature concernant les matériaux et les habitats seraient davantage des savoirs communs ou profanes, relevant davantage de l'opinion (Girault & Lhoste, 2010). Il nous faut néanmoins prendre en compte le fait que la construction des savoirs scientifiques chez les élèves est rarement immédiate et que les savoirs communs ont un rôle à jouer dans l'apprentissage (Perron et al., 2020). Les auteurs précisent que si les savoirs de sens commun peuvent s'acquérir dans la vie de tous les jours, les savoirs scientifiques conceptuels doivent faire l'objet d'un apprentissage plus systématique.

Nous voyons ainsi la PPN comme une pédagogie permettant d'accéder à des savoirs communs sur la nature, mais aussi à l'établissement d'un rapport au vivant que nous avons pu qualifier de cognitif (choix à effectuer), d'affectif (contact physique et désir de protection), d'imaginaire et de spirituel.

Bibliographie

- Chaachoua, H. (2010). La praxéologie comme modèle didactique pour la problématique EIAH. Etude de cas : la modélisation des connaissances des élèves. [mémoire d'habilitation pour diriger des recherches ; Université de Grenoble]
- Chaachoua, H. et Bessot, A. (2019). La notion de variable dans le modèle praxéologique. *Educação Matemática Pesquisa*, 21(4), p. 234 – 247.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherche en didactique des mathématiques*, 19 (2), p. 221-266.
- Chevallard, Y. (2002). *Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques*. [communication orale]. Troisième journée d'études franco-québécoise, Université René-Descartes Paris 5.
http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Approche_anthropologique_rapport_au_savoir.pdf
- Coquidé, M. (2015). « Se sentir vivant » : quels enjeux d'éducation biologique ? Dans *La « vie » et le « vivant » : de nouveaux défis à relever dans l'éducation*, SHS Web of Conferences, 21. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20152103004>

- Cree J. et McCree M. (2012). A Brief History of the Roots of Forest School in the UK. *Horizons*, 60, p. 32 – 34. <https://www.outdoor-learning-research.org/Portals/0/Research%20Documents/Horizons%20Archive/H60.History.of.FS.pt1.pdf?ver=2014-06-23-151226-000>
- D'Ern, P. et RPPN (2022). *L'école de la forêt. La pédagogie et les activités*. La Plage.
- Dell'Angelo-Sauvage, M. (2008). Éléments de caractérisation du rapport au vivant chez des élèves de 10-12 ans. *Didaskalia*, 33, p. 2-32.
- Dell'Angelo-Sauvage, M. et Gallezot, M. (2018). Vie, vivant, biodiversité : quelles approches ? Quelles prises en charge scolaire ? *RDST*, 18, p. 9-34.
- Girault, Y. et Lhoste, Y. (2010). Opinions et savoirs : positionnements épistémologiques et questions didactiques. *RDST*, 1, p. 29-66.
- Knight, S. (2016). *Forest School in Practice For All Ages*. SAGE
- Kuo, M., Barnes, M. et Jordan, C. (2019). Do Experiences With Nature Promote Learning ? Converging Evidence of a Cause-and-Effect Relationship. *Frontiers in Psychology*, 10, Article 305. DOI : 10.3389/fpsyg.2019.00305
- Partoune, C. et Sauvé, L. (2024). Le rapport entre éducation et nature : représentations, visées et pratiques pédagogiques. Dans V. Boelen et L. Nicolas (dir.), *L'éducation par la nature : théories, pratiques, formations*. Éditions Le Manuscrit Savoirs.
- Perron, S., Hasni, A. et Boilevin, J.-M. (2020). L'absence de savoir conceptuel lors de démarches d'investigation scientifique mises en œuvre en classe : une crainte devenue réalité ? *Recherches en éducation*, 42, p. 199-219.
- Roy, P. et Marlot, C. (2018). Conceptualisation du vivant dans le cadre d'une démarche d'investigation scientifique chez de jeunes élèves du cycle 1 primaire : le rôle de l'habillage de la situation. [communication orale]. Xe rencontres scientifiques de l'ARDIST, Saint-Malo.
- Turpin, S. et N. Lieury (2024). Bilan et enjeux des pratiques d'éducation scolaire par la nature aux concepts et méthodes de l'écologie scientifique en France. Dans V. Boelen et L. Nicolas (dir.), *L'éducation par la nature : théories, pratiques, formations*. Éditions Le Manuscrit Savoirs.
- Wauquiez, S. (2009). *Les enfants des bois. Pourquoi et comment sortir en nature avec de jeunes enfants*. Books on demand.

Analyse des connaissances et des arguments produits par les étudiants en sciences à propos des vaccins et du Covid-19

Daniel Manzoni De Almeida¹, Olivier Morin², Patricia Marzin-Janvier¹

1 : CREAD, Université de Bretagne Occidentale, Université de Rennes

2 : Sciences et Société ; Historicité, Éducation et Pratiques, Université Claude Bernard Lyon 1

Résumé

La formation des enseignants dans une perspective de pédagogie critique des questions socio-politico-scientifiques dans le domaine de la santé est fondamentale pour une culture scientifique orientée vers les défis du 21^{ème} siècle. L'un des objectifs du projet « HeTeaching » est de proposer des moyens pour la formation des enseignants de SVT aux questions socialement vives. L'objectif de cette contribution est de montrer les résultats de la première phase du projet, qui est une cartographie des connaissances et des arguments sur les vaccins et le Covid-19 qui circulent parmi les étudiants en sciences. Dans cette perspective, nous avons construit un questionnaire, que nous avons appliqué, puis nous avons caractérisé les arguments formulés par les étudiants. Les résultats montrent qu'il existe une circulation de « *fake news* » sur les vaccins et le Covid-19 parmi les étudiants universitaires. Ces données sont importantes pour la prise de décision dans les processus de formation des enseignants en SVT.

Mots-Clés : L'argumentation dans l'enseignement des SVT ; Questions sociales et scientifiques dans l'enseignement des sciences ; Éducation à la santé.

Analyse des connaissances et des arguments produits par les étudiants en sciences à propos des vaccins et du Covid-19

Introduction

La circulation des « fake news » est un phénomène qui a affecté les espaces d'éducation formelle, causant d'importants problèmes politiques, sociaux et sanitaires (Merli, 2019). Elle polarise des controverses qui pourraient au contraire être des opportunités pour questionner la validité des savoirs, par exemple à propos de l'hésitation vaccinale (Thomas & Moulin, 2021). Cependant, des études montrent que les enseignants ne se sentent pas préparés à aborder des sujets considérés comme « chauds » en classe (Bernard, 2021). L'un des objectifs du projet « HeTeaching »³ est de cartographier les arguments des étudiants sur les questions de santé « chaudes » et de proposer des modalités de formation des enseignants. Le projet comporte trois phases. La première consiste à cartographier les connaissances et les arguments socio-politico-scientifiques sur les vaccins et le Covid-19 qui circulent parmi les étudiants. La deuxième phase est la mise en place d'ateliers de formation des enseignants à la pédagogie critique. La troisième phase est l'application et l'évaluation des séquences d'enseignement dans les classes produites par les enseignants. Nous présentons ici les résultats des analyses de la première phase du projet. L'objectif était d'évaluer les connaissances et les arguments des étudiants en sciences sur les vaccins et le Covid-19. La problématique générale de cette étude est : comment caractériser les arguments des étudiants en sciences et des futurs enseignants de sciences concernant les connaissances socio- politico-scientifiques sur le Covid-19 et les vaccins ?

Cadre théorique

Cette recherche s'inscrit dans le cadre théorique des études analysant les processus argumentatifs en QSV - Questions Socialement Vives (Simonneaux, 2003 ; Simonneaux, & Simonneaux, 2014 ; Hasni, & Dumais, 2022). Le développement du langage argumentatif et critique est lié aux processus de culture scientifique et de participation citoyenne à la société. La pensée critique et les processus d'argumentation participent de la construction de la rationalité et du développement de la réflexion. Une des contributions de l'argumentation aux objectifs éducatifs, en particulier dans l'enseignement des sciences, est de soutenir le développement de la pensée critique (Puig *et al.*, 2021). Divers auteurs ont montré l'importance de développer des compétences argumentatives en lien avec la pensée critique (Andrews, 2015 ; Pasquinelli & Bronner, 2021), par exemple pour évaluer les « fake news » (Puig *et al.*, 2021) et stimuler les approfondissements des raisonnements sur les questions socio scientifiques (Puig & Jiménez-Aleixandre, 2022 ; Bächtold & *et al.*, 2022). Dans l'enseignement des sciences, l'une des compétences argumentatives centrales à encourager chez les élèves, est liée au développement de critères épistémiques (pratiques cognitives et sociales de la culture scientifique) dans le processus d'évaluation individuelle et collective des connaissances scientifiques et des connaissances pour la pensée critique. Puig *et al.* (2021), se basant sur les principes de l'insertion des pratiques épistémiques de la science comme élément central de l'enseignement scientifique, les connaissances des élèves sur le covid-19 et les vaccins, en utilisant des catégories composées de niveaux épistémiques cognitifs et sociaux. Ces catégories

³Health Teaching Education, est un projet de recherche financé par le programme conjoint BIENVENUE, (Région Bretagne) et Actions Marie Skłodowska-Curie, (Union européenne - MSCA-EU).

ont été utilisées par notre étude afin d'évaluer le contenu scientifique et non scientifique des arguments et des justifications des étudiants, lorsqu'ils prennent position à propos du Covid-19 et des vaccins.

Méthodologie

La phase I du projet est divisée en quatre étapes. Lors de la première étape, nous avons identifié les principales « fake news » sur les vaccins et le Covid-19 répertoriées dans les dossiers des médias circulant dans le pays. Les principaux sujets concernant les vaccins et le Covid-19 étaient liés à : i) les mutations génétiques qu'un vaccin ARNm peut provoquer dans le génotype humain ; ii) l'utilisation de médicaments dont l'efficacité n'est pas prouvée pour traiter la Covid-19 ; iii) la vaccination obligatoire contre le Covid-19 ; iv) les relations commerciales et financières entre l'État et l'industrie pharmaceutique des vaccins. Lors de l'étape 2, le questionnaire a été construit avec 25 questions à choix multiples et des questions ouvertes. L'étape 3 a consisté à administrer le questionnaire aux étudiants des programmes de sciences de l'UBO. Un e-mail contenant le lien vers le questionnaire a été envoyé à la liste des étudiants des licences et de master de sciences de l'UBO et, au bout de trois semaines, un total de 296 réponses complètes d'étudiants avait été obtenues. L'étape 4 a consisté à analyser et à interpréter les réponses des étudiants au questionnaire. Les réponses aux questions ont été analysées et quantifiées. Le contenu des réponses aux questions ouvertes a été analysé et les arguments valables (connaissances scientifiques reconnues) et non valables (connaissances scientifiques non reconnues) ont été caractérisés.

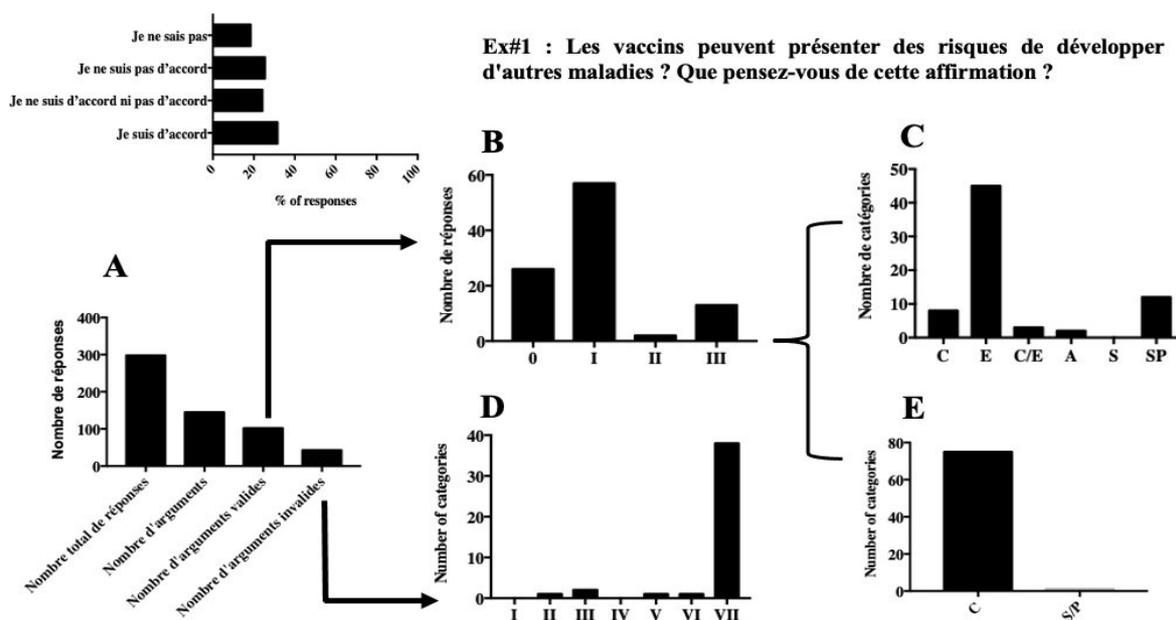
Les arguments classés comme valides sont catégorisés (Puig et al., 2021) : en 4 niveaux épistémiques lorsque l'étudiant : 0 (Pas de contenu épistémique [scientifique, social ou politique]); I (analyse le contenu de l'affirmation, en fournissant des arguments pour la remettre en question); II (analyse le contenu de l'affirmation, remet en question la fiabilité de la source, fournit des arguments pour remettre en question l'affirmation); III (remet en question le contenu de l'affirmation, la fiabilité de la source et la procédure scientifique en fournissant des arguments fondés pour remettre en question l'affirmation) ; En structures argumentatives utilisées par les étudiants pour construire leurs réponses : C (Appel au contenu) ; E (Appel à des preuves scientifiques empiriques) ; A (Appel à l'autorité) SP (Recours à la procédure de recherche scientifique) ; En nature des connaissances mobilisées dans les arguments valides (C = connaissances scientifiques et S/P = connaissances socio-politiques).

Les arguments considérés comme non valides ont été classés en catégories : Concernant la nature de l'hésitation vaccinale selon la catégorisation proposée par Sage & Beslay, 2016 : I - Les écologistes (qui recherchent une médecine alternative, autres médecines alternatives) ; II - Les consuméristes (qui revendiquent de choisir librement leurs vaccins, qui doute des différents types de vaccins existants) ; III - Les empiristes (qui évaluent avec leur médecin, science, autres connaissances et actualités le rapport risque/bénéfice) ; IV (qui font entièrement confiance au médecin mais demandent à être rassurées, et les discours de l'autorité médical) ; Ou qui sont contre les vaccins : V - Négationnistes (qui refuse la science) ; VI - Complotistes (qui croit aux théories de la conspiration) ; VII – Vulnérable (Croire en de fausses connaissances).

Résultats

Les analyses quantitatives des réponses des étudiants au questionnaire ont montré, dans l'ensemble, que : i) il y a une acceptation de la vaccination pour d'autres maladies, mais une méfiance à l'égard de la vaccination contre le Covid-19 en raison de la vaccination obligatoire ; ii) une acceptation et une connaissance minimales de la vaccination, mais aussi

une contamination par des « *fake news* » selon lesquelles les vaccins peuvent causer des maladies ; iii) une méfiance à l'égard des politiques de vaccination. Cela peut se traduire par une confusion entre la vaccination en tant qu'acte individuel ou acte collectif ; iv) et une contamination par des « *fake news* » concernant l'intérêt privé des industries pharmaceutiques dans la vaccination. La figure 1 présente deux exemples d'analyses des arguments des étudiants. L'exemple 1 montre la réponse à une question portant sur les connaissances scientifiques relatives aux vaccins et inspirée par le débat sur la question de savoir si les vaccins à ARNm peuvent provoquer des changements génétiques. Les analyses montrent un partage entre l'accord et le désaccord sur la question de savoir si les vaccins provoquent des maladies. La grande majorité des arguments valables des élèves concernant les vaccins font appel au contenu scientifique (C) et aux preuves empiriques (E) (figures 1B et 1C) des connaissances scientifiques (1E). En revanche, les arguments non valides montrent la présence d'une vulnérabilité aux « *fake news* » (1D). L'exemple 2 montre les réponses à une question sociopolitique sur l'importance de l'engagement collectif dans la vaccination. Les analyses ont montré qu'une grande partie des répondants sont d'accord avec cette affirmation (70%). La grande majorité des arguments valides des répondants étaient d'un niveau épistémique de base (I) (figure 1B), faisant appel à un contenu scientifique et à des preuves empiriques (C/E) et sociales (figures 1C et E). En revanche, les arguments non valides montraient la présence de divers profils d'hésitation vaccinale (II, V, VI et VII). L'ensemble des analyses de la cartographie des connaissances des étudiants a montré la présence significative de *fake news*. Ces résultats indiquent qu'il est nécessaire d'adopter une approche socio-politico-scientifique et critique dans l'enseignement des sciences sur les vaccins, afin d'amener une réflexion et des connaissances scientifiques solides.



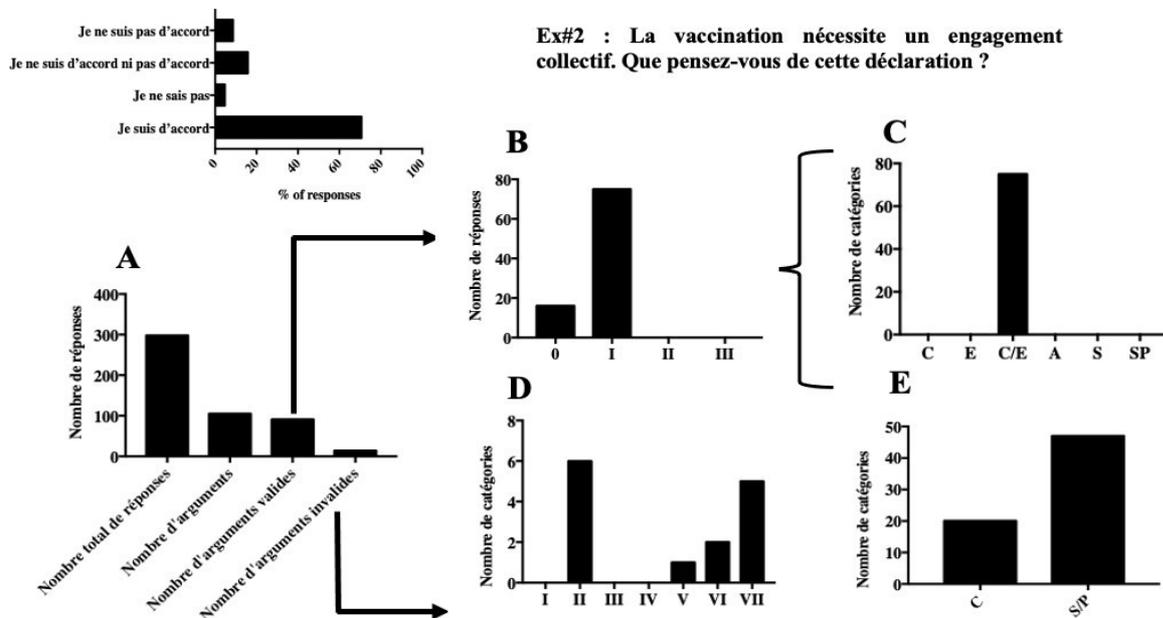


Figure 1 : Caractérisation des arguments valides et invalides des étudiants [Exemple#1 et Exemple#2]. En **A** figure le nombre total de réponses à la question à choix multiple, puis le nombre de réponses écrites (arguments) faites par les élèves, suivi de l'analyse en arguments vrais et arguments faux. En **B** est présentée l'analyse des catégories de niveaux épistémiques (0, I, II et III) dans les arguments vrais. En **C** est montrée la présence des structures argumentatives mobilisées par les élèves dans la construction des réponses. En **D** est présentée la classification de la nature des « *fake news* » qui est présente dans les faux arguments des étudiants ; en **E** est la nature des connaissances mobilisées dans les arguments valables est démontrée.

Discussion et conclusion

Les analyses effectuées s'appuient sur une caractérisation des arguments écrits produits par les étudiants à propos du Covid-19 et des vaccins. Les résultats montrent qu'un grand nombre d'arguments produits par les étudiants en sciences présentent un contenu socio-politico-scientifique avec des niveaux épistémiques minimaux (niveau I). Cependant, les analyses montrent également qu'il y a une circulation importante de « *fake news* » dans les arguments formulés par les étudiants en sciences que nous avons interrogés, avec des positions d'hésitation vaccinale et contre la science et les vaccins. Il est intéressant de noter que ces analyses corroborent l'enquête sur les types de « *fake news* » circulant dans la société, comme le montrent les dossiers « *fake news* » des médias. Elles suggèrent donc la pénétration et l'adhésion sans regard critique de ce type d'information par des futurs chercheurs et enseignants en formation en sciences. En conclusion, nous présentons également un modèle pour cartographier et détecter des « *fake news* » circulant dans la société au sein d'une population. Ces données sont importantes pour la prise de décision dans les processus de formation des enseignants en SVT aux processus d'une pédagogie critique et argumentative socio-politico-scientifique, visant la formation de « citoyen engagé » (Morin & Dutreuil, 2022).

Références

- Andrews, R. (2015). "Critical thinking and/or argumentation in highr education," in The Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education, eds M. Davies, R. Barnett, et al. New York, NY: Palgrave Macmillan, 93–105.
- Bächtold, M., Pallarès, G., De Checchi, K., & Munier, V. (2023). Combining debates and reflective activities to develop students' argumentation on socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(4), 761-806. <https://doi.org/10.1002/tea.21816>

- Bernard, M.-C., Fortin, C., Panissal, N., Pautal, É. (2021). Pensée critique dans l'enseignement des sciences du vivant. In book : Après les 10e rencontres scientifiques. Actualité des recherches en didactique des sciences et des technologies Publisher : Éditions de l'ARDIST, pp.85-100.
- Hasni, A., & Dumais, N. (2022). Arguments mobilisés par des étudiants universitaires lors de la discussion d'une controverse entourant la vaccination contre le papillomavirus. *Questions Vives. Recherches en éducation*, 37. <https://doi.org/10.4000/questionsvives.6666>
- Merle, P. (2019). *Polémiques et fake News scolaires. La production de l'ignorance*, Lormont.
- Morin, O., & Dutreuil, P. (2022). De l'éducation à la vaccination à l'éducation aux controverses socioscientifiques, *Questions Vives*, 37. Article N° 37. <https://doi.org/10.4000/questionsvives.6626>
- Pasquinelli, E. & Bronner, G. (2021). Éduquer à l'esprit critique. Bases théoriques et indications pratiques pour l'enseignement et la formation. Réseau Canope, Conseil Scientifique de l'éducation nationale.
- Puig, B., Blanco-Anaya, P. & Pérez-Maceira, J.J. (2021). Fake News or Real Science? Critical Thinking to Assess Information on COVID-19. *Frontiers in education*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2021.646909>
- Sage, V., F. & Beslay, N. (2016). Les anti vaccins : analyse d'un phénomène de société. *La Lettre de l'Infectiologue*, 6, Tome XXXI.
- Thomas, G., et Moulin, A. M. (2021). L'hésitation vaccinale, ou les impatiences de la santé mondiale. *La Vie des idées*. <https://laviedesidees.fr/L-hesitation-vaccinale-ou-les-impatiences-de-la-sante-mondiale>
- Puig, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Éds.). (2022). *Critical Thinking in Biology and Environmental Education: Facing Challenges in a Post-Truth World*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-92006-7>
- Simonneaux, L. (2003). L'argumentation dans les débats en classe sur une technoscience controversée. *Aster* 37. p. 189-214.
- Simonneaux, L., & Simonneaux, J. (2014). Panorama de recherches autour de l'enseignement des Questions Socialement Vives. *Revue Francophone Du Développement Durable*, 4, p. 109-126.

Les Aires Terrestres Éducatives : effet de mode ou nouveau projet d'éducation au politique pour l'enseignement des sciences ?

Francis Rouquet¹

1 : Centre de recherche en éducation de Nantes, Université de Nantes

Résumé

Si au XVIII^{ème} siècle Rousseau prônait déjà les vertus de la Nature comme matrice éducative, la crise du COVID a donné un nouvel essor à la classe du dehors (Heissat et Fauchier-Delavigne, 2019). Par ailleurs, l'état d'urgence climatique levé par le 6^{ème} rapport du GIEC (2023) nous invite à s'engager dans des scénarios de développement durable pour mettre en place des politiques pertinentes où chacun assume des responsabilités différentes. C'est dans ce double contexte que les Aires Terrestres Éducatives (ATE) se développent fortement sur le territoire français. Cette nouvelle approche éducationnelle est à mettre en relation avec les catégories d'éducation à l'environnement et nous nous appuyons sur les classifications de Lucas (1980-1981) et Robottom et Hart (1993) pour la présenter dans la partie suivante. Dans une approche curriculaire, l'enseignement des sciences participe à comprendre le monde qui nous entoure par une mise à distance (Bachelard, 1938) et en problématisant les phénomènes observés. Dans la perspective d'un enseignement hors la classe, et notamment pour produire de nouvelles façons de connaître le monde (Mycock, 2018), nous nous demandons si les sciences engagent désormais à une autre approche pour construire des savoirs, en particulier dans une finalité d'éducation au politique. Cet article s'inscrit plus largement dans le cadre des travaux du séminaire « Questions socialement vives et valeurs en éducation » du CREN et l'enseignement des « Éducatifs à » mobilisés dans le curriculum formel. L'enquête est réalisée auprès d'une classe de CM2 qui a achevé son projet ATE pour l'année scolaire 2022-2023. Les appuis théoriques et conceptuels sur lesquels nous nous appuyons visent à éclairer les tensions qui existent entre les rapports aux savoirs scientifiques et les objectifs institutionnels des Éducatifs à... (Barthes, Lange et Tutiaux-Guillon, 2017). Le recueil de données se compose d'un questionnaire individuel et d'un débat scientifique de classe que nous analysons à l'aide du cadre théorique de l'apprentissage par problématisation (Fabre & Orange, 1997). L'intérêt est double : interroger la nature des savoirs scientifiques scolaires mis en jeu et évaluer l'écart entre les objectifs visés par les ATE et ceux mis au travail dans cette étude de cas.

Mots-Clés : Problématisation ; Éducation au Développement Durable ; École dehors ; Sciences ; Nature.

Les Aires Terrestres Éducatives : effet de mode ou nouveau projet d'éducation au politique pour l'enseignement des sciences ?

Introduction

Si au XVIII^{ème} siècle Rousseau prônait déjà les vertus de la Nature comme matrice éducative, la crise du COVID a donné un nouvel essor à la classe du dehors (Heissat et Fauchier-Delavigne, 2019). Par ailleurs, l'état d'urgence climatique levé par le 6^{ème} rapport du GIEC (2023) nous invite à s'engager dans des scénarios de développement durable pour mettre en place des politiques pertinentes où chacun assume des responsabilités différentes. C'est dans ce double contexte que les Aires Terrestres Éducatives (ATE) se développent fortement sur le territoire français. Cette nouvelle approche éducationnelle est à mettre en relation avec les catégories d'éducation à l'environnement et nous nous appuyons sur les classifications de Lucas (1980-1981) et Robottom et Hart (1993) pour la présenter dans la partie suivante. Dans une approche curriculaire, l'enseignement des sciences participe à comprendre le monde qui nous entoure par une mise à distance (Bachelard, 1938) et en problématisant les phénomènes observés. Dans la perspective d'un enseignement hors la classe, et notamment pour produire de nouvelles façons de connaître le monde (Mycock, 2018), nous nous demandons si les sciences engagent désormais à une autre approche pour construire des savoirs, en particulier dans une finalité d'éducation au politique. Cet article s'inscrit plus largement dans le cadre des travaux du séminaire « Questions socialement vives et valeurs en éducation » du CREN¹ et l'enseignement des « Éducatives à » mobilisées dans le curriculum formel. L'enquête est réalisée auprès d'une classe de CM2 qui a achevé son projet ATE pour l'année scolaire 2022-2023. Les appuis théoriques et conceptuels sur lesquels nous nous appuyons visent à éclairer les tensions qui existent entre les rapports aux savoirs scientifiques et les objectifs institutionnels des Éducatives à... (Barthes, Lange et Tutiaux-Guillon, 2017). Le recueil de données se compose d'un questionnaire individuel et d'un débat scientifique de classe que nous analysons à l'aide du cadre théorique de l'apprentissage par problématisation (Fabre & Orange, 1997). L'intérêt est double : interroger la nature des savoirs scientifiques scolaires mis en jeu et évaluer l'écart entre les objectifs visés par les ATE et ceux mis au travail dans cette étude de cas.

Appuis théoriques et conceptuels

Nature et naturalisme

La nature est présente dans l'ensemble des programmes des premier et second degrés en tant qu'objet d'étude (écologie, environnement, biodiversité) et moyen d'étude pour une mise à distance envers l'objet étudié. Pour autant, le concept n'est jamais défini et une vision anthropique, avec la notion de services rendus par la nature ou de ressources, est sous-jacente. Alors, quelle valeur intrinsèque accorder à la nature et comment la définir ? Dans un monde problématique (Fabre, 2016), notre relation au vivant a évolué jusqu'à transformer «[...] *le vivant non humain en nature mécaniste, pure ressource et décor pour l'humain.* » (Morizot, 2023, p. 12). En s'appuyant sur le principe de responsabilité de Jonas (1979), Pommier (2022) cherche à redéfinir la nature en

1 Centre de Recherche en Éducation à Nantes.

considérant l'humanité comme partie intégrante plutôt qu'une force supérieure et distincte. Si le naturalisme guide principalement notre société, cette conception nous a conduit à la crise écologique actuelle. L'école aurait-elle une nouvelle mission éducative : dessiner une carte plus claire et des chemins d'actions possibles vis-à-vis de la nature ?

Les Aires Terrestres Éducatives

Les premières « Rencontres Internationales de la Classe Dehors » ont eu lieu à Poitiers en juin 2023, elles démontrent l'engouement actuel des enseignants pour une pédagogie portée davantage sur la nature (Martel et Wagnon, 2022). C'est dans ce contexte que s'inscrit le concept d'ATE dont l'Office français de la biodiversité coordonne le réseau sur la base des orientations prises par le comité de pilotage. Celui-ci réunit trois ministères (Éducation nationale, de la jeunesse et des sports, Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Outre-Mer) et l'OFB. Une ATE se développe tout au long de l'année scolaire et a vocation à durer sur le long terme. Sa mise en place correspond à un petit territoire naturel géré de manière participative par les élèves d'une école ou d'un collège. Encadrés par leurs enseignants et une structure de l'éducation à l'environnement, les élèves se réunissent sous la forme d'un « conseil des enfants » et prennent toutes les décisions concernant leur site. Le croisement des classifications de Lucas (1981) ou de Robottom et Hart (1993) permettent de situer les ATE comme « Éducation par et dans l'environnement » avec une « approche interprétative ». Aussi, dans cette perspective, Girault et Sauve (2008) précise que l'objectif principal est la personne et son rapport à l'environnement. D'un point de vue institutionnel, les objectifs sous-jacents sont de former les plus jeunes à l'écocitoyenneté et au Développement Durable (MEN, 2020 et 2023). Pour autant, d'autres objectifs sont privilégiés comme : « Construire un lien d'appartenance entre la personne et son environnement ; favoriser l'empathie envers les autres vivants ; développer des valeurs environnementales. » (Girault et Sauve, 2008, p. 9).

Éduquer aux sciences comme un nouveau projet politique

Nous comprenons que les projets ATE offrent un nouveau cadre pédagogique où « *l'ambition est celle du projet politique attaché à l'enseignement des sciences.* » (Guedj, 2021, p. 29). En effet, une critique de la science et de son enseignement est qu'ils auraient cristallisés les statuts des vivants tout comme celui de nature qui est figé comme un ensemble « *d'espaces abstraits qu'il faut exploiter ou des lieux patrimoniaux à sanctuariser.* » (Morizot, 2023, p. 58). Dans un monde problématique, l'école ne devrait pas se contenter à l'enseignement de « *savoirs froids en laissant au débat public le soin de faire avancer la problématisation des savoirs controversés [...] et dans le traitement des questions vives* » (Fabre, 2016, p. 99). Autrement dit, afin de favoriser l'écocitoyenneté, il revient à faire un examen critique de ce qui s'enseigne à l'école en regard de la vie quotidienne vécue par les élèves (Orange, 2012). Dans cette perspective, les ATE ne-pourraient-elles pas être des espaces à politiser pour former les citoyens et la science un vecteur pour y arriver ? Notre investigation nous amène donc à chercher ce que découvrent les élèves, ce qui les surprennent et soient susceptibles de les mobiliser pour un engagement écocitoyen lors d'un enseignement hors la classe.

Méthodologie d'analyse et résultats

Le regard didactique que nous portons s'efforce de comprendre ce qui se joue (ou non) en termes d'apprentissages des élèves en dehors de la classe. L'enquête est réalisée auprès d'une classe de CM2 et le recueil de données se compose d'un questionnaire individuel (5 questions ouvertes, voir annexe) complété en classe (durée : 10 minutes) qui prépare à la dynamique d'un débat scientifique (durée : 22 minutes).

Le questionnaire

Les réponses à la question 1 indiquent qu'une même conception est partagée par tous les élèves, elle pose l'Homme créé à part de la nature, et celle-ci ne peut être que sauvage, vierge, indomptée (Ducarme, 2016). Celles de la question 2 précisent qu'il s'agit de maintenir la vie (directement) et/ou parce qu'il y a les plantes (indirectement / pour respirer). Concernant le « comment ? » de la question 3, les élèves déclarent vouloir protéger les plantes, arrêter les constructions, changer les moyens de transport, limiter la pollution, minimiser la consommation et favoriser les écogestes. Toutefois, ces réponses ne sont pas soumises à la critique et pourraient relever d'un tissu de croyances individuelles contre lequel l'enseignement des sciences lutte. La question 4 interroge « l'écocitoyen », que les élèves définissent comme d'étudier, protéger et respecter la nature, mais aussi être des acteurs notamment en participant au projet. Les réponses à la question 5- soulignent l'étude des Insectes et des petites bêtes, mais aussi les Oiseaux pour d'autres, le dessin du paysage et écrire l'écriture dans le cahier d'ATE : des activités peu ordinaires de classe mais qui ne renseignent pas sur les savoirs scientifiques réellement en jeu ni la valorisation de l'empathie envers les êtres vivants.

Le débat de classe

Le débat a été réalisé juste après le questionnaire qui avait, selon nous, un rôle d'inducteur. Il a duré 22 minutes et se compose de 139 tours de paroles. Un moment fortement argumenté par les élèves se situe au moment où la discussion interroge : « comment préserver l'ATE comme un lieu naturel pour les avrillais ? ». Pour l'analyser, nous appuyons sur l'articulation des données et des conditions en référence au losange de la problématisation de Fabre (1999). Ainsi, pour positionner le problème « comment préserver un lieu naturel (l'ATE) ? », nous croisons « une dimension horizontale [...] de la construction et de la résolution de problème et une dimension verticale consistant à articuler données et conditions » (Fabre, 2016, p. 21). Les conditions que nous inférons de l'analyse de la transcription sont triple : la nécessité de ne pas vendre le site, de ne pas le déforester et de le comprendre d'où la nécessité d'aller dehors pour l'étudier ; nous les associons au développement de valeurs environnementales. Les principales données que nous relevons des propos des élèves indiquent qu'étudier les êtres vivants directement in situ permet de mieux voir, toucher, sentir, creuser et chercher ce que nous mettons en relation avec un développement d'appartenance à l'environnement (Girault et Sauve, 2008). Par ailleurs, les élèves déclarent pouvoir y retourner seuls ou avec leurs familles.

Discussion des résultats soumis à une analyse didactique et épistémologique

Puisque le concept de nature n'est pas discuté à l'école, le postulat naturaliste entraîne un obstacle épistémologique qui nécessite une rupture conceptuelle (Bachelard, 1938). Dans les propositions des élèves, l'écocentrisme comme paradigme explicatif sous-jacent limite le processus d'enquête. Pour autant, le débat scientifique de classe témoigne de qualités argumentatives d'explicitation des élèves recherchées dans le cadre de l'enseignement des sciences car elles conditionnent la possibilité de tout savoir scientifique (Orange, 2012). Elles permettent, selon nous, de montrer que le processus de la problématisation avance et que la tension données/conditions conduit les élèves à justifier l'intérêt de préserver l'ATE. Elles renseignent également du possible développement d'un degré d'appartenance à l'environnement ainsi que des valeurs environnementales (protection, durabilité). Si l'école dehors, pour mieux comprendre l'ATE, est fortement argumentée par les élèves, certains avancent également des aptitudes sensorielles et/ou des émotions relatives au contexte. Toutefois, nous ne relevons pas d'indices d'empathie envers le vivant.

Les activités proposées lors de l'ATE sont programmées pour étudier les animaux et les plantes sans étude systémique du milieu et relève d'un obstacle empirique. Par conséquent, le processus d'enquête est biaisé et si les élèves retiennent certaines activités scientifiques, nous ne pouvons pas évaluer si des savoirs scientifiques ont été construits.

Dans une perspective d'éducation au politique, nous notons que les élèves font peu de lien avec le projet et l'écocitoyenneté. Pourtant, le courrier adressé au maire, les décisions collectives, l'engagement nécessaire dans le projet sont des composantes de l'écocitoyenneté.

Enfin, trois écueils pourraient ternir cet engouement pour les ATE. D'abord, l'intervention d'une association « référente » environnementale qui se substitue aux enseignants, seuls garants des programmes scolaires. Le risque n'est-il pas de tomber dans une forme de militantisme à distance des savoirs fondamentaux et d'une éducation au choix ? Ensuite, en conduisant les élèves en pleine nature, l'enseignant ne prend-il pas le risque de voir certains considérer cette sortie comme un temps essentiellement récréatif ? Ainsi, selon Connac (2018), l'enseignant augmenterait les malentendus scolaires en laissant croire aux élèves que l'immersion dans le milieu serait suffisant pour en tirer des bénéfices cognitifs. Enfin, cette mise en enquête sur un temps long est chronophage, il entre en tension avec les contraintes institutionnelles où le temps scolaire où les savoirs fondamentaux priment (Connac, *ibid*).

Conclusion

L'ATE est un lieu de reconnexion individuelle et collective à la nature qui rejoint les pédagogies de l'éducation nouvelle de Freinet et Decroly où l'école de la vie revient à sortir de la classe (Wagnon, 2020). Si des savoirs empiriques sont mis au travail, des savoirs techniques spécifiques à l'étude des êtres vivants cherchent à approfondir l'enquête. De plus, en regard des travaux de Girault et Sauve (2008), il nous semble que les objectifs principaux sont mis au travail, à l'exception de l'empathie vis-à-vis du vivant. De surcroît, lorsque les sciences cherchent à construire des savoirs et à développer le jugement critique, nous subsumons que l'école dehors, et pour cette étude en

particulier, pourrait s'éloigner des finalités visées en particulier pour une éducation citoyenne au politique.

Dans un contexte de crise climatique et d'exploitation excessive de la nature, nous sommes dans une épistémologie de l'incertitude. Il conviendrait de s'orienter avec raison pour convoquer une nouvelle politique éducative. Celle qui s'inscrirait entre les vivants, sans hiérarchie : une alterpolitique (Morizot, 2023). Quelle éducation choisir ? Celle de l'éducation de l'individu ou celle du citoyen ? La question de la légitimité des savoirs construits dans les espaces informels et non formels bouscule l'enseignement traditionnel des sciences (Chalmel, 2018).

Bibliographie

- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin.
- Barthes, A., Lange, J-M. Et Tutiaux-Guillon, N. (2017). *Dictionnaire critique des enjeux et concepts des Éducatives*. L'Harmattan.
- Connac, S. (2018). Neuroéducation et pédagogie. *Les cahiers du CERFEE*, 49. DOI : 10.4000/edso.3556
- Fabre, M. (1999). *Situations problème et savoir scolaire*. Paris : PUF. DOI : [10.3917/puf.fabre.1999.01](https://doi.org/10.3917/puf.fabre.1999.01)
- Fabre, M. (2016). *Le sens du problème*. De Boeck.
- Fabre, M. et Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, 24, 28-38.
- Girault, Y. et Sauve, L. (2008). L'éducation scientifique, l'éducation à l'environnement et l'éducation pour le développement durable. Croisements, enjeux et mouvances. *Aster*, 46, 7-30.
- Guedj, M. (2021). De la leçon de choses aux activités d'éveil. *Cahiers Pédagogiques*, 570, 28-30.
- Jonas, H. (1990/1979). *Le principe responsabilité*. Éditions du Cerf.
- Lucas, A.M. (1980-1981). The role of science Education for the environment. *Journal of Environmental Education*, 12, n° 2, 32-37.
- Martel, C. et Wagnon, S. (2022). L'école dans et avec la nature. La révolution pédagogique du XXI^e siècle. ESF.
- Ministère de l'Éducation Nationale (2020). Programme du cycle 3. BOEN n°31 du 30 juillet 2020. <https://eduscol.education.fr/document/50990/download>
- Ministère de l'Éducation Nationale (2023). Programme du cycle 3. BOEN n°25 du 22 juin 2023. https://www.education.gouv.fr/sites/default/files/ensel-101_annexe_ok.pdf
- Morizot, B. (2023). *L'inexploré*. Wildproject.
- Mycock, K. (2018). *How do children learn about nature ?* [Thèse de doctorat, université de Keele]. <https://keele-repository.worktribe.com/output/410304>
- Orange, C. (2012). *Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. De Boeck Éducation.
- Pommier, E. (2022). *La Démocratie environnementale*. Presses universitaires de France.
- Robottom, I. et Hart, P. (1993). *Research in environmental Education*. Deaking University Press.
- Wagnon, S. (2020). Nature à l'école, le temps est-il venu de faire classe en plein air ? The conversation, 29 juin 2020. <https://theconversation.com/nature-a-lecole-le-temps-est-il-venu-de-faire-classe-en-plein-air-141309>

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire « projet Aire Terrestre Éducative » – classe de CM2

- 1- Si tu devais donner une définition de NATURE tu dirais quoi ? La nature c'est...
2. Selon toi, pourquoi faudrait-il protéger la NATURE ? Donne des exemples ou explique tes idées.
- 3- Comment pourrait-on protéger la Nature ? Donne un ou des exemples.
- 4- Un écocitoyen est une personne qui participe dans la vie de sa ville et qui a le souci de respecter/protéger l'environnement. L'école permet aux élèves d'apprendre à devenir des écocitoyens. A travers le projet Aire Terrestre Éducative, penses-tu avoir été écocitoyen ? Explique pourquoi.

Quelles sont les difficultés rencontrées par les élèves de grade 10 en Fédération Wallonie-Bruxelles lorsqu'ils résolvent des problèmes stœchiométriques ?

Jérémy Dehon¹, Philippe Snauwaert¹, Hugo Potvin¹

1 : Institut de Recherche en Didactiques et Éducation de l'Université de Namur

Résumé

La résolution de problèmes stœchiométriques est un objectif central dans l'apprentissage de la chimie dans l'enseignement secondaire en Belgique francophone. Dans le but de cibler les principaux obstacles auxquels les élèves de la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) sont confrontés, nous avons construit et mis en œuvre un test diagnostique. Ce dernier montre d'une part que l'interprétation et la construction d'un diagramme particulière à partir d'une équation chimique constitue une tâche complexe pour la majorité des élèves. D'autre part, le calcul de la masse molaire et l'utilisation des coefficients stœchiométriques pour déterminer les ratios réactionnels représentent les obstacles les plus importants parmi les étapes de résolution d'exercices numériques impliquant des grandeurs macroscopiques (masse, volume, quantité de matière). Ces difficultés semblent reliées à trois comportements repérables dans les productions des élèves : la copie du système (les informations dans l'équation chimique sont strictement copiées dans les diagrammes particuliers et inversement), le réflexe stœchiométrique (les élèves transforment tout énoncé en un problème en quantités stœchiométriques) et le mésusage du coefficient stœchiométrique (par exemple : confusion avec l'indice).

Mots-Clés : Stœchiométrie ; Chimie ; Difficultés ; Triplet.

Quelles sont les difficultés rencontrées par les élèves de grade 10 en Fédération Wallonie-Bruxelles lorsqu'ils résolvent des problèmes stœchiométriques ?

Introduction

En Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB), la résolution de problèmes stœchiométriques est abordée durant la 4^e année de l'enseignement secondaire (élèves âgés de 15 à 16 ans – grade 10). D'une part, cet objectif d'enseignement se base sur certains prérequis vus en 3^e année et en début de 4^e année et, d'autre part, il constitue un prérequis important pour l'apprentissage de contenus essentiels en première année de l'enseignement universitaire dans les filières à dominante scientifique.

Nous avons cherché à déterminer les principales difficultés auxquelles les élèves de grade 10 de la FWB font face lorsqu'ils doivent résoudre des problèmes stœchiométriques. Il s'agit à la fois de discerner et catégoriser les procédures mises en œuvre par les élèves lors de la résolution d'exercices numériques classiques mais aussi de caractériser la capacité des élèves à interpréter et construire des représentations microscopiques (ou diagrammes particuliers) mettant en œuvre des relations stœchiométriques. Afin de soutenir l'analyse de nos données, nous prendrons appui sur le « chemistry triplet » de Johnstone (1982) et les étapes de résolution des problèmes stœchiométriques proposées par Fach et al. (2007).

Cadres théoriques

Le concept de « chemistry triplet » proposé par Johnstone (1982) est central en didactique de la chimie. Selon cet auteur, l'enseignement des concepts chimiques peut être divisé en trois niveaux : sub-microscopique, macroscopique et symbolique (figure 1). Ces niveaux sont appelés « niveaux de savoir », « niveaux de pensée » ou « niveaux de représentation » selon les auteurs qui les convoquent. Ces statuts divers interrogent le lien sémiotique entre un signifiant et des signifiés, relativement à une échelle de taille (micro, macro). Ces niveaux sont ainsi reliés aux langages utilisés en chimie, notamment la langue symbolique des chimistes (LS) et les représentations iconiques microscopiques (RI), comme proposé par Dehon et Snauwaert (2020). La résolution de problèmes stœchiométriques s'inscrit potentiellement dans les trois niveaux, de par l'exploitation d'une équation de réaction (niveau symbolique - LS), la construction ou l'interprétation de diagrammes particuliers (niveau sub-microscopique - RI) et le traitement numérique de grandeurs telles que des quantités de matière (niveau macroscopique).

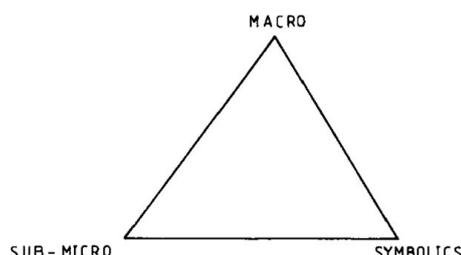


Figure 1 : Représentation graphique des trois niveaux de savoir proposés par Johnstone (1991)

Contrairement aux enseignants experts en leur matière, les apprenants éprouvent des difficultés à circuler entre les différents niveaux de savoir (Ben-Zvi et al., 1987 ; Laugier &

Difficultés dans la résolution de problèmes stœchiométriques

Dumon, 2004 ; Arasasingham et al., 2004), particulièrement à partir de représentations au niveau microscopique (Davidowitz et al., 2010). Nous pouvons citer comme exemple la question de Nurrenbern et Pickering (1987) (figure 2), reprise et discutée notamment par Sawrey (1990) ou Sanger (2005). Dans cette question, l'item (d), majoritairement choisi par les élèves qu'elles que soient les études, implique que, pour ces élèves, les coefficients stœchiométriques indiquent un nombre strict de molécules ou d'atomes représentés dans les diagrammes particulières, y compris les particules en excès dans la situation finale.

The reaction of element X (□) with element Y (○) is represented in the following diagram :

Which equation describes this reaction ?

- a) $3X + 8Y \rightarrow X_3Y_8$
- b) $3X + 6Y \rightarrow X_3Y_6$
- c) $X + 2Y \rightarrow XY_2$
- d) $3X + 8Y \rightarrow 3XY_2 + 2Y$
- e) $X + 4Y \rightarrow XY_2$

Figure 2 : Question d'interprétation de diagrammes particulières et sélection d'une équation chimique représentative (QCM) par Nurrenbern et Pickering (1987).

Selon Fach et al. (2007), la résolution d'un problème stœchiométrique classique, comprenant des masses et/ou des quantités de matière, s'articule autour de 6 étapes de résolution, repérées à l'aide d'interviews d'élèves de grade 9 (N= 17). Celles-ci peuvent être combinées en des étapes hybrides et articulées en un ordre qui diffère parfois en fonction de la stratégie propre de l'élève. Nous ajouterons explicitement une 7e étape qui tient compte de l'identification de l'excès (étape 5), et qui est implicite dans la procédure de Fach et al. (2007) :

1. Extraire le problème du texte
2. Formuler l'équation chimique
3. Calculer les masses molaires (nécessaires)
4. Calculer les quantités de matière à partir des données
5. Identifier l'excès
6. Utiliser les coefficients stœchiométriques pour déterminer les quantités qui réagissent
7. Convertir les quantités de matière en masse, volume ou concentration

Cette procédure peut être « automatisée » par les élèves, sans que ceux-ci n'interrogent la pertinence de l'une ou l'autre étape en fonction du contexte du problème ou de l'utilité de certaines données. Le risque est donc d'invisibiliser des erreurs conceptuelles sous l'apparence d'une démarche algorithmique entraînée, et empêcher des ajustements en cas de dysfonctionnements dans la procédure. En effet, chaque étape est sujette à des difficultés qui lui sont propres (par exemple : mésusage des coefficients, erreurs dans l'écriture symbolique, inversion de formules, etc.) (Davidowitz et al., 2010 ; Dehon et

Difficultés dans la résolution de problèmes stœchiométriques (Snauwaert, 2015). Dans le cas de l'étape d'identification de l'excès, les élèves peuvent par exemple considérer que la substance en excès est celle possédant le coefficient le plus élevé dans l'équation chimique (Huddle et Pillay, 1996).

Questions de recherche

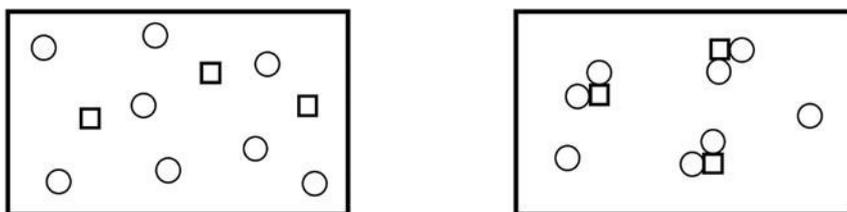
Notre objectif est de répondre à la question suivante : quelles sont les difficultés rencontrées par les élèves de grade 10 de la Fédération Wallonie-Bruxelles lorsqu'ils résolvent des problèmes stœchiométriques, impliquant des grandeurs macroscopiques (volume, masse, quantité de matière), des informations symboliques et/ou des représentations microscopiques (diagrammes particuliers) ?

Méthodologie

Nous avons créé un test diagnostique comprenant quatre questions, ouvertes (pour les questions 2, 3 et 4) et fermée (pour la question 1) :

- La question 1 (figure 3) a pour objectif de montrer la capacité des élèves à interpréter des diagrammes particuliers pour sélectionner une équation chimique représentative de la situation observée. Elle est adaptée de Sanger (2005). Une sous-question d'identification du réactif en excès a été ajoutée.

Dans une boîte se produit une réaction chimique. On représente l'atome de carbone, C (□) et l'atome de soufre, S (○).



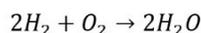
- 1) Laquelle de ces propositions illustre le mieux l'équation de la réaction (coche UNE proposition).
- a) $C_3 + S_8 \rightarrow (CS_2)_3 + S_2$
 b) $C + 2S \rightarrow CS_2$
 c) $3C + 8S \rightarrow 3CS_2 + 2S$
 d) $3C + 6S \rightarrow 3CS_2$
 e) $C_3 + S_8 \rightarrow 3CS_2 + S_2$
- 2) Coche la ou les bonne(s) proposition(s)
- a) S est le réactif en excès
 b) S est le réactif limitant
 c) C est le réactif en excès
 d) C est le réactif limitant
 e) Aucun réactif n'est en excès

Figure 3 : Question n°1 du test diagnostique : sélection d'une équation chimique à partir de diagrammes particuliers.

- La question 2 (figure 4) teste la capacité des élèves à construire le diagramme particulier d'une situation finale, à partir d'une équation chimique et d'un diagramme particulier représentant une situation initiale.

Difficultés dans la résolution de problèmes stœchiométriques

Le dihydrogène réagit avec le dioxygène selon l'équation pondérée :



Le contenant de gauche représente un état initial, avant la réaction. **Dessine** l'état final, après la réaction. On représente l'atome d'hydrogène, H (●) et l'atome d'oxygène, O (○).

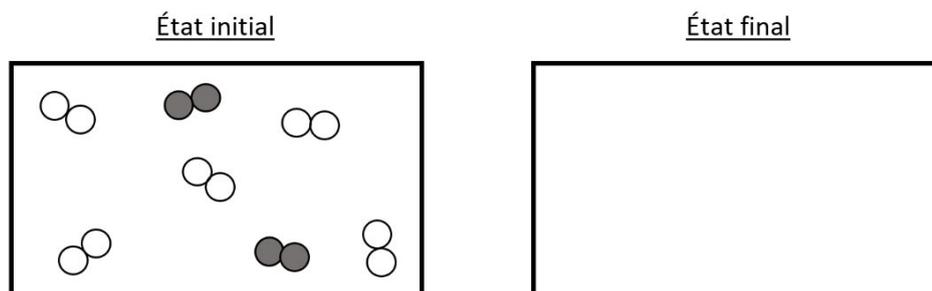


Figure 4 : Question n°2 du test diagnostique : construction du diagramme particulaire représentant une situation finale à partir d'une équation chimique pondérée et d'un diagramme particulaire représentant une situation initiale (étapes 5 et 6).

- La question 3 (figure 5) consiste en un exercice numérique impliquant des grandeurs macroscopiques, en quantités stœchiométriques (sans excès).

L'acide chlorhydrique (HCl) et l'oxyde de fer (III) (Fe₂O₃) réagissent pour former le chlorure de fer (III) (FeCl₃) et de l'eau (H₂O).

($M_H = 1 \text{ g/mol}$; $M_{Cl} = 35,5 \text{ g/mol}$; $M_{Fe} = 56 \text{ g/mol}$; $M_O = 16 \text{ g/mol}$)

- Écris l'équation pondérée de la réaction.
- Si on utilise 320 g de Fe₂O₃ et 12 mol de HCl, détermine la masse de FeCl₃ produite en fin de réaction. Détaille tes calculs.

Figure 5 : Question n°3 du test diagnostique : résolution d'un problème en proportions stœchiométriques (étapes 1 à 7, exceptée l'étape n°5).

- La question 4 (figure 6) comprend un exercice numérique impliquant des grandeurs macroscopiques, en quantités non-stœchiométriques (avec excès).

À 200g de fer (Fe) sont ajoutés 150 g de soufre (S₈). La réaction entre les deux composés entraîne la formation de sulfure de fer (II) (FeS) selon l'équation pondérée :

($M_{Fe} = 56 \text{ g/mol}$; $M_S = 32 \text{ g/mol}$)



Détermine la masse de FeS produit avec ces quantités initiales en réactifs.

Figure 6 : Question n°4 du test diagnostique : résolution d'un problème en proportions non stœchiométriques dont l'équation chimique pondérée est donnée (étapes 1 à 7, exceptée l'étape n°2).

Cette étude a été menée sur un public de 323 élèves issus de 8 écoles différentes et répartis en 17 classes de 11 à 25 individus, selon un échantillonnage de convenance. L'étude est concentrée sur les élèves de grade 10 (4^e année) de l'enseignement secondaire général en option sciences générales (c'est-à-dire, qui disposent de 5 heures de sciences par semaine). La passation des tests s'est déroulée sur une période allant de mi-mars à fin mai 2022. Le chapitre des problèmes stœchiométriques doit avoir été vu dans son entièreté avant de faire passer le test. Lorsque cela est faisable, les tests sont supervisés personnellement par les auteurs de la recherche afin de contrôler au maximum les diverses variables expérimentales. Le questionnaire est conçu de manière à être réalisable en 50 minutes. Pour la question 2,

les productions d'élèves sont regroupées par catégories strictes (dessins identiques), le reste étant placé dans une catégorie « réponses variables ». Pour les questions ouvertes 3 et 4, les réponses des élèves sont codées en fonction des deux critères suivants : identification de l'étape selon Fach et al. (2007), identification des procédures incorrectes pour chaque étape. En cas de doute, le codage de la réponse visée est réalisé par un autre auteur de l'étude.

Résultats et discussion

Pour la question 1.1 (figure 7), on remarque que 6 élèves (1,9%) ont sélectionné la réponse correcte : (b) $C + 2S \rightarrow CS_2$. La réponse majoritaire (198 élèves – 62,3%) est celle qui consiste à dénombrer les particules représentées dans les diagrammes particuliers, à savoir (c) $3C + 8S \rightarrow 3CS_2 + 2S$.

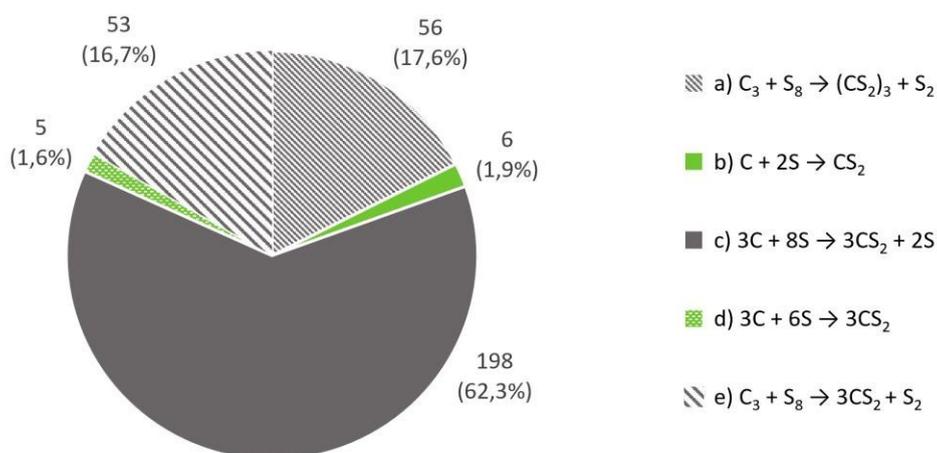


Figure 7 : Fréquences absolues et relatives obtenues pour chaque item de la question 1.1 (N = 318).

Toutefois, on observe une proportion importante de réponses correctes à la question 1.2. : 229 des 317 élèves (72,2%) cochent à la fois l'item (a), « S est le réactif en excès », et l'item (d), « C est le réactif limitant ». Nous obtenons ainsi des résultats similaires, pour la question 1.1., à ceux de Nurrenbern et Pickering (1987) et Sanger (2005), avec des fréquences comparables, bien que plus élevées, de par notre public-cible singulièrement plus jeune que dans les études précitées. Nous apportons cependant une nuance grâce aux résultats de la question 1.2. : la sélection d'une équation de réaction incorrecte n'implique pas nécessairement une incapacité à identifier un réactif en excès. Repérer un réactif limitant/ en excès semble ainsi plus aisé à partir d'un diagramme particulier (RI) qu'à partir d'une écriture symbolique (LS). La Figure 8 montre les fréquences absolues et relatives des représentations particulières obtenues à la question 2. Sur les 318 élèves qui fournissent un diagramme particulier, 71 élèves (22,3%) produisent le dessin correct, à savoir 4 molécules d'eau et une molécule de dihydrogène. Ensuite, la majorité des réponses (92 élèves - 28,9%) consiste simplement en la représentation de 2 molécules d'eau dessinées.

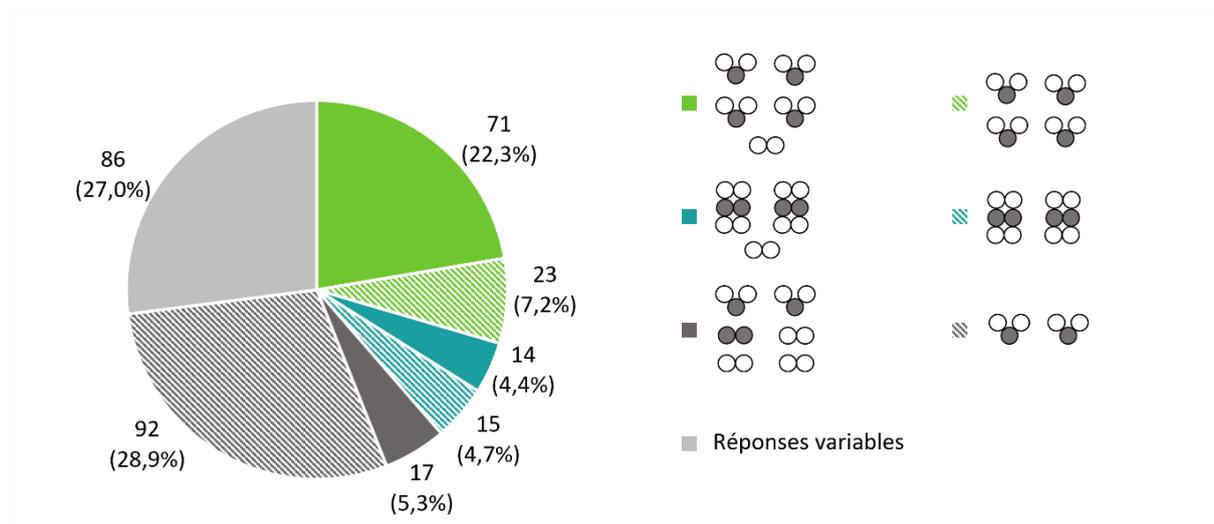


Figure 8 : Fréquences absolues et relatives de diagrammes particuliers proposés par les élèves, à la question 2 (N = 318).

Les données majoritaires obtenues aux questions 1 et 2 peuvent être rassemblées en une proposition, adaptée de Dawidowitz et al. (2010) : les élèves semblent adopter un même comportement, que nous appellerons « copie du système ». Pour ces élèves, les coefficients stœchiométriques indiquent un nombre de particules initiales et finales, l'équation chimique étant considérée comme une copie conforme des diagrammes particuliers. La copie terme à terme de l'information symbolique en une information sub-microscopique (et réciproquement) dénote une difficulté, chez ces élèves, à circuler efficacement entre les niveaux de savoir ciblés, ou plus probablement, entre les systèmes sémiotiques LS et RI.

La figure 9 présente les résultats obtenus aux questions 3 et 4 de notre test diagnostique, sous la forme de fréquences de réponses incorrectes, étape par étape de notre procédure de résolution. Nous observons ainsi deux étapes particulièrement difficiles à traiter pour les élèves de notre échantillon-test : le calcul des masses molaires (43,6 % des élèves commettent une erreur dans le calcul d'au moins une masse molaire des substances présentes dans les deux questions) et la détermination des ratios réactionnels à partir des coefficients stœchiométriques (42,9 % des élèves ne déterminent pas le ratio réactionnel correct dans au moins une des deux questions). Ces difficultés sont liées à une interprétation incorrecte du coefficient stœchiométrique écrit dans une équation de réaction (LS).

Deux comportements majeurs ont été identifiés comme étant à l'origine de ces taux d'erreurs particulièrement élevés. Premièrement, les coefficients stœchiométriques sont incorrectement utilisés, quand ils ne sont tout simplement pas négligés. Par exemple, l'erreur principale relevée dans le calcul de la masse molaire (21,1 % des erreurs collectées pour cette étape) consiste à multiplier la masse molaire par le coefficient stœchiométrique indiqué dans l'équation chimique. Deuxièmement, on observe un raisonnement fréquent consistant à transformer un problème initialement en quantités non-stœchiométriques (avec excès) en un problème en quantités stœchiométriques (sans excès) : c'est ce que nous appellerons le « réflexe stœchiométrique ». Ainsi, par exemple, 27 élèves fixent des quantités de matière (initiales ou qui entrent en réaction) de manière à entièrement consommer les réactifs en présence, sans tenir compte des coefficients stœchiométriques. Il s'agit donc davantage

Difficultés dans la résolution de problèmes stœchiométriques
d'une négation de l'excès que d'une assignation incorrecte du réactif en excès.

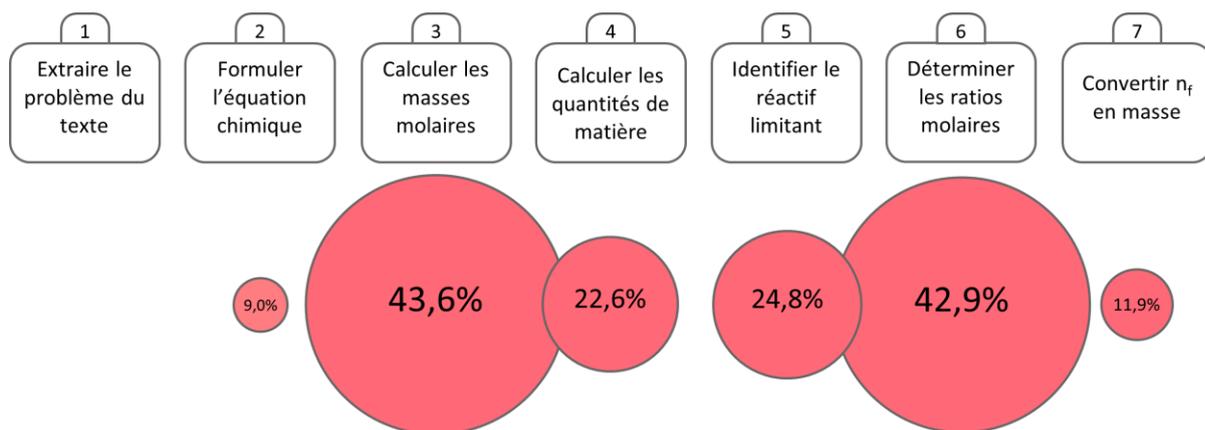


Figure 9 Fréquences relative des réponses incorrectes pour chaque étape de résolution. Chaque étape est considérée indépendamment des autres étapes.

Conclusions et perspectives

Notre étude avait pour but de documenter les difficultés rencontrées par les élèves de grade 10 en FWB (Belgique francophone) quand ils résolvent des problèmes stœchiométriques, impliquant ou non des diagrammes particuliers. Il en ressort trois comportements que nous jugeons importants pour l'enseignement-apprentissage des problèmes stœchiométriques : la copie du système entre informations symboliques et sub-microscopiques, le réflexe stœchiométrique et le mésusage (ou non-usage) des coefficients stœchiométriques. Ces comportements pourraient être ciblés par des dispositifs didactiques spécifiques, tels que la familiarisation précoce aux diagrammes particuliers ou l'étayage explicite du rôle des coefficients dans la résolution des problèmes stœchiométriques.

Bibliographie

- Arasasingham, R., Taagepera, M., Potter, F., & Lonjers, S. (2004). Using knowledge space theory to assess student understanding of stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 81(10), 1517–1523. <http://dx.doi.org/10.1021/ed081p1517>
- Ben-Zvi, R., Eylon, B.-S. & Silberstein, J. (1987). Students' visualisation of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, 24(4), 117–120.
- Davidowitz, B., Chittleborough, G. & Murray, E. (2010). Student-generated submicro diagrams: A useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 154–164. <http://dx.doi.org/10.1039/C005464J>
- Dehon, J. & Snauwaert, P. (2015). L'équation de réaction : une équation à plusieurs inconnues – Étude de productions d'élèves de 16-17 ans en Belgique francophone. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 12, 209-235. <http://dx.doi.org/10.4000/rdst.1174>
- Dehon, J. & Snauwaert, P. (2020). Les systèmes sémiotiques en chimie : établissement d'une taxonomie et analyse linguistique d'un programme de sciences et de manuels scolaires (grades 7 et 8). Dans I. Kermen (Ed.), *Diversité des approches en didactique des sciences et des technologies* (p. 189-202). Arras : Artois Presses Université.
- Fach, M., De Boer, T. & Parchmann, I. (2007). Results of an interview study as basis for

Difficultés dans la résolution de problèmes stœchiométriques

the development of stepped supporting tools for stoichiometric problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(1), 13-31. <https://doi.org/10.1039/B6RP90017H>
Huddle, P.A. & Pillay, A.E. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. *Journal of Research and Science Teaching*, 33(1), 65-77.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199601\)33:1%3C65::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1%3C65::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-)

Johnstone, A.H. (1982). Macro- and microchemistry. [Notes and correspondence], *School Science Review*, 64(227), 377-379.

Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>

Laugier, A. & Dumon, A. (2004). L'équation de réaction : un nœud d'obstacles difficilement franchissable. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 5(1), 51-68. <http://dx.doi.org/10.1039/B3RP90030D>

Nurrenbern, S. & Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510. <http://dx.doi.org/10.1021/ed064p508>

Sanger, M. (2005). Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing. *Journal of Chemical Education*, 82(1), 131-134. <http://dx.doi.org/10.1021/ed082p131>

Sawrey, B.A. (1990). Concept learning versus problem solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 253-254. <http://dx.doi.org/10.1021/ed067p253>

Descriptions d'une solution aqueuse par des élèves du secondaire

Arnaud Lucas¹, Isabelle Kermen¹, Sophie Canac²

1 : Centre de Recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique
Université de Brest, Université de Rennes

3 : Laboratoire de Didactique André Revuz, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne

Résumé

Cette communication s'intéresse à la manière dont les élèves de l'enseignement secondaire français décrivent une solution aqueuse obtenue par dissolution d'un solide ionique. Ces solutions peuvent faire l'objet d'une description selon deux échelles, macroscopique et microscopique, et par le biais de différents systèmes sémiotiques dont le langage symbolique chimique. Les réponses obtenues à un questionnaire administré à des élèves de troisième, seconde et première, permettent d'étudier dans une certaine mesure, l'évolution de ces descriptions selon le niveau de scolarité et le système sémiotique employé. Si la description à l'échelle macroscopique semble évoluer avec le niveau de scolarité, peu de différences ont été constatées pour les représentations microscopiques entre les élèves de troisième et de seconde. La notation symbolique d'une solution aqueuse ionique semble ne sembler connues que par peu d'élèves.

Mots-Clés : Didactique de la chimie ; Dissolution ; Solutions ioniques ; Systèmes sémiotiques ; Registres de la chimie.

Descriptions d'une solution aqueuse par des élèves du secondaire Étude de différentes descriptions d'une solution ionique selon le niveau de scolarité

Introduction

Dans l'enseignement français, les solutions aqueuses figurent parmi les premiers concepts chimiques étudiés. Évoquées dès le cycle 3 en tant que mélanges, leur étude s'enrichit tout au long de la scolarité secondaire. Cette communication s'intéresse à la manière dont les élèves décrivent les solutions aqueuses obtenues par dissolution d'un solide ionique. Elle s'appuie pour cela sur des données issues d'un travail plus large autour de l'enseignement de la dissolution des solides.

Cadre d'analyse

La dualité macroscopique-microscopique

L'une des principales difficultés identifiées lors de l'apprentissage de la chimie réside dans la dualité macroscopique-microscopique (Barlet & Plouin, 1994; Johnstone, 1991) qui désigne le lien entre l'échelle macroscopique, correspondant notamment à l'ensemble des phénomènes observables, et le modèle microscopique particulière de la matière. Comme le souligne Kermen (2016), l'échelle macroscopique ne se limite pas aux observations mais se décline en plusieurs registres : le registre empirique, comprenant les réalités perçue et idéalisée, et le registre des modèles macroscopiques. Par ailleurs, les chimistes disposent d'un langage symbolique spécifique leur permettant de passer aisément d'un registre et/ou d'une échelle à l'autre. Ce langage constitue ainsi un méta-niveau de savoir (Canac & Kermen, 2018) dont la « richesse peut très vite devenir une difficulté pour l'apprenant » (Canac, 2017, p. 32).

La compréhension des concepts chimiques suppose ainsi une articulation entre les niveaux de savoirs, articulation délicate à construire et qui peut s'accompagner, pour un concept donné, de descriptions différentes selon le système de représentation employé (Naah & Sanger, 2013).

La description des solutions ioniques

Les solutions obtenues par dissolution d'un solide ionique peuvent faire l'objet d'une description selon deux échelles et par le biais de différents systèmes sémiotiques, chaque description présentant des difficultés potentielles.

À l'échelle macroscopique, la dissolution d'un solide ionique conduit à la dispersion de deux espèces chimiques ioniques en solution, constituant chacune un soluté différent, description que les élèves peinent à assimiler (Gandillet & Le Maréchal, 2003). Cette difficulté résulte sans doute en partie des instructions officielles qui mettent l'accent sur le concept d'ion, purement microscopique, et peinent à définir clairement le concept macroscopique d'espèce chimique ionique (BOEN, 2019, 2020). À l'échelle microscopique, il est possible de représenter les solutions ioniques par le biais d'un système sémiotique iconique (Talanquer, 2022) où les entités microscopiques sont représentées par des formes géométriques. Ces représentations semblent favoriser l'apprentissage des concepts liés aux solutions ioniques (de Berg, 2012) mais s'accompagnent également d'une conception très ancrée consistant à décrire le soluté comme constitué de molécules, et non d'ions (Devetak

et al., 2009; Kelly & Jones, 2007).

Le langage symbolique s'accompagne également de ses propres difficultés puisque l'écriture correcte d'une solution ionique implique de distinguer clairement la dissolution de la fusion ou d'une transformation chimique, par l'emploi de la notation (aq).

Problématique

Décrire une solution obtenue par dissolution d'un solide ionique présente des difficultés, pour certaines clairement identifiées, qui semblent persister au cours de la scolarité et dépendre du type de représentation. Aussi nous paraît-il pertinent de nous intéresser à la manière dont les élèves français décrivent les solutions ioniques et de tenter d'analyser l'évolution de ces descriptions en fonction du niveau d'étude. Nous formulons ainsi les questions de recherche suivantes :

QR1 : Quelles évolutions peut-on relever en termes de description macroscopique d'une solution ionique en fonction du niveau de scolarité ?

QR2 : Comment les élèves se représentent-ils une solution ionique à l'échelle microscopique à partir des représentations iconiques ?

QR3 : Quelle représentation symbolique les élèves de fin de cycle 4 et de seconde privilégient-ils pour décrire une solution ionique ?

Méthodologie

Recueil des données

Les données présentées proviennent de questionnaires élaborés par nos soins et administrés par des enseignants à leurs classes de troisième (N3ème = 823), de seconde (N2nde = 791) et de première suivant l'enseignement de spécialité physique chimie (N1ere = 191).

Pour cette communication, les résultats issus de trois questions (voir annexe 1), de type questions à choix multiples (QCM), ont été analysés. Seule la première a été administrée aux trois niveaux d'enseignement avec une légère variation pour les élèves de première¹. La formulation des questions et les propositions de réponses des QCM ont été établies a priori – à partir de résultats d'études antérieures (Kabapinar et al., 2004) et d'observations

¹ Pour les questionnaires à destination des élèves de troisième et de seconde, le solide dissout est du chlorure de sodium. Pour les élèves de première, le solide dissout est du chlorure de calcium en raison des proportions différentes de chaque espèce chimique ionique au sein du solide. Cette propriété induit des modifications dans

en situations d'enseignement – puis ont été ajustées et complétées suite à des entretiens préliminaires². L'expression usuelle, ions chlorure et ions sodium, a été préférée à celle d'espèce chimique ionique afin de conserver un niveau de formulation proche de celui des élèves (Coupaud et al., 2019).

Méthode d'analyse

La première question aborde la description macroscopique d'une solution ionique, plus particulièrement la séparation du solide ionique en deux solutés, désignés par l'expression usuelle, et leur distribution uniforme au sein de la solution. Les réponses ont été analysées par le biais d'une analyse factorielle des correspondances (AFC) (Husson et al., 2016), qui permet de mettre en évidence des liens entre les modalités de deux variables qualitatives, ici les trois niveaux de scolarité et les six réponses possibles à la première question.

En lien avec la QR2, la seconde question demande d'indiquer un niveau d'accord pour différentes représentations microscopiques de solutions ioniques. Pour chacune d'elles, les résultats obtenus ont été comparés en fonction du niveau de scolarité par le biais d'un test du khi-2.

La troisième question porte sur la notation symbolique d'une solution ionique. Une analyse des résultats par niveau a permis d'apporter des éléments de réponse à la QR3.

Résultats

Réponses à la QR1

Les résultats à la première question (tableau n°1) montrent que la réponse correcte (proposition 5) n'est majoritaire que chez les élèves de première. Pour autant, moins de 40% des élèves interrogés répondent correctement à cette question. En troisième comme en seconde, la proposition qui recueille le plus de réponse (proposition 3) n'évoque pas la présence d'espèce chimique ionique.

Une AFC à partir des effectifs du tableau 1 aboutit à un graphe pouvant être interprété de la manière suivante (figure 1). La description macroscopique d'une solution ionique évolue avec le niveau d'étude. Pour les élèves de troisième interrogés plusieurs descriptions se côtoient, en particulier celles décrivant une solution contenant davantage de solutés vers le fond du récipient (propositions 4 et 6). En seconde, une description émerge : l'eau et le chlorure de sodium forment un mélange, le soluté étant réparti au sein de la solution de manière homogène (proposition 3). Toutefois, cette description n'évoque pas la présence

le questionnaire à destination des élèves de première, raison pour laquelle la comparaison se limite à la première question.

² 11 élèves de troisième, 3 élèves de seconde et 6 élèves de première ont été interviewés lors de cette phase d'élaboration et d'ajustement, à partir d'une version préliminaire du questionnaire.

d'espèces chimiques ioniques au sein de la solution. Ce n'est qu'en classe de première que la solution est décrite ainsi (proposition 5).

	Effectifs	Prop. 1	Prop. 2	Prop. 3	Prop. 4	Prop. 5	Prop. 6	NA
3eme	823	31 (3,8%)	88 (10,7%)	220 (26,7%)	152 (18,5%)	97 (11,8%)	158 (19,2%)	77 (9,4%)
2nde	791	23 (2,9%)	61 (7,7%)	327 (41,3%)	107 (13,5%)	135 (17,1%)	82 (10,4%)	56 (7,1%)
1ere	199	4 (2%)	7 (3,5%)	62 (31,2%)	13 (6,5%)	75 (37,7%)	24 (12,1%)	14 (7%)

Proposition 1 : Le liquide est de l'eau pure.

Proposition 2 : Le liquide est un mélange d'eau liquide et de chlorure de sodium/chlorure de calcium liquide.

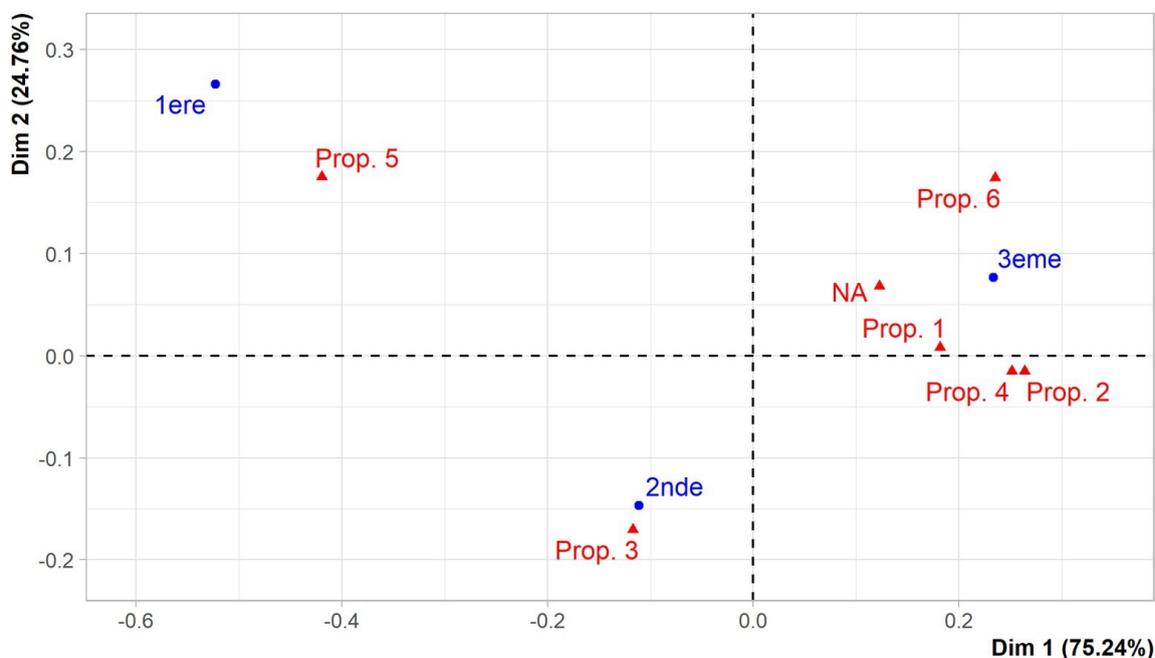
Proposition 3 : Le liquide est un mélange d'eau et de chlorure de sodium/chlorure de calcium.

Proposition 4 : Le liquide est un mélange d'eau et de chlorure de sodium/chlorure de calcium dans le fond du récipient, et d'eau pure vers la surface.

Proposition 5 : Le liquide est un mélange d'eau, d'ions chlorure et d'ions sodium/calcium.

Proposition 6 : Le liquide est un mélange d'eau, d'ions chlorure et d'ions sodium/calcium dans le fond du récipient, et d'eau pure vers la surface.

Tableau 1 : Réponses obtenues à la première question. Les valeurs en gras correspondent à la réponse correcte ; les cases à fond grisé indiquent le mode pour chaque niveau



Proposition 1 : Le liquide est de l'eau pure.

Proposition 2 : Le liquide est un mélange d'eau liquide et de chlorure de sodium/chlorure de calcium liquide.

Proposition 3 : Le liquide est un mélange d'eau et de chlorure de sodium/chlorure de calcium.

Proposition 4 : Le liquide est un mélange d'eau et de chlorure de sodium/chlorure de calcium dans le fond du récipient, et d'eau pure vers la surface.

Proposition 5 : Le liquide est un mélange d'eau, d'ions chlorure et d'ions sodium/calcium.

Proposition 6 : Le liquide est un mélange d'eau, d'ions chlorure et d'ions sodium/calcium dans le fond du récipient, et d'eau pure vers la surface.

Figure 1 : Graphe obtenu à partir d'une AFC réalisée à partir des données du tableau 1.

Réponses à la QR2

Les résultats obtenus à la deuxième question (annexe 2) permettent de tracer des graphes (figure 2) révélant des similarités entre les répartitions des réponses pour chaque représentation microscopique, impression confirmée par des tests du khi-2 (voir annexe 2), qui n'indiquent pas de différences statistiquement significatives³ entre les répartitions des effectifs selon le niveau de scolarité. Il semble donc que la description d'une solution ionique à l'échelle microscopique n'évolue pas entre les années de troisième et de seconde. Ceci nous conduit à analyser le total des réponses indépendamment du niveau.

On peut relever le nombre élevé de non-réponses semblant indiquer que les élèves sont peu coutumiers de ce type de représentations. Celles décrivant une disparition des solutés

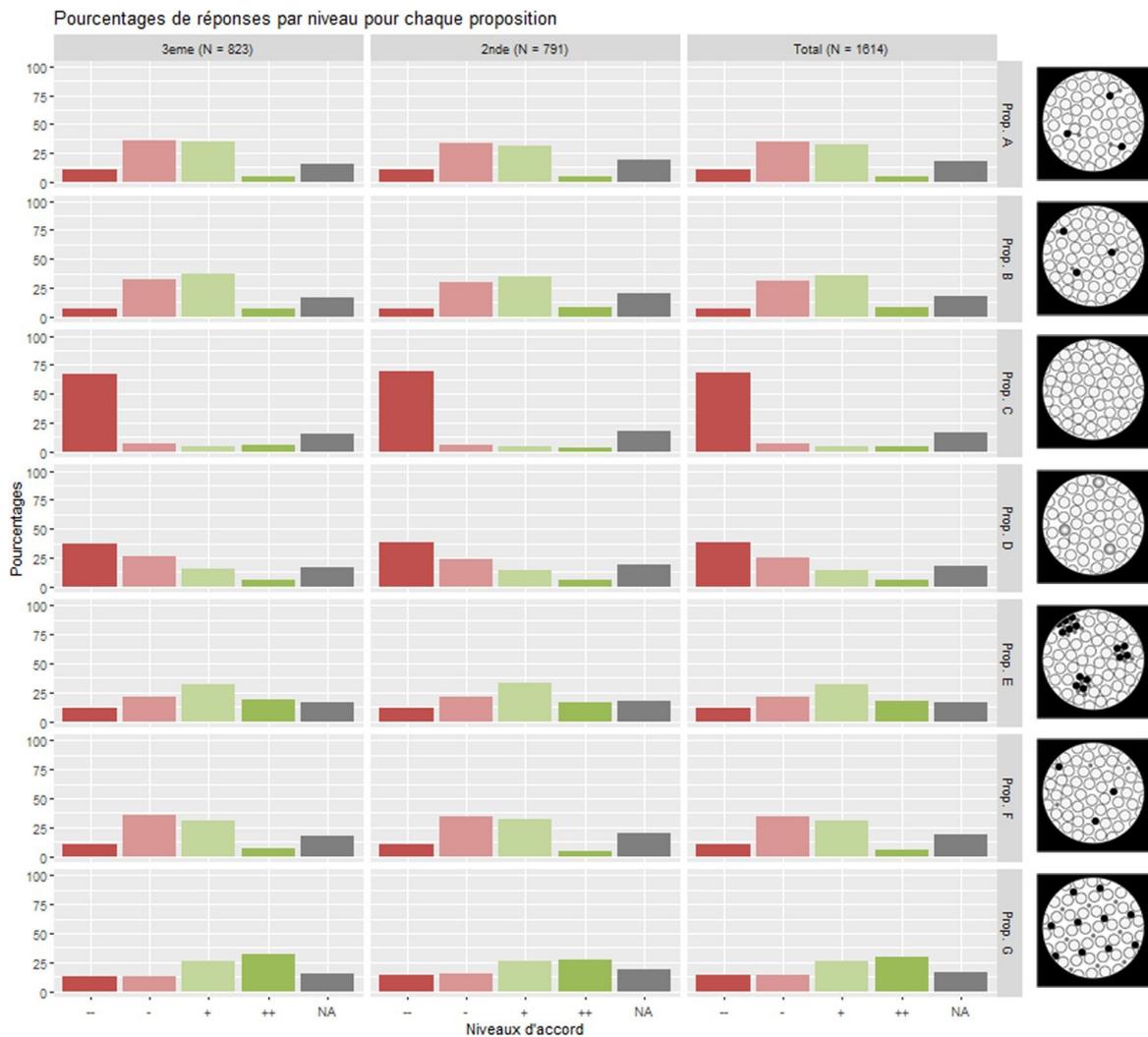


Figure 2 : Graphes obtenus à partir des données du tableau n°2, représentant les niveaux d'accord, pour chaque inscription microscopique (propositions A à G).

³ Au risque d'erreur de 5%

(proposition C) et une transformation chimique (proposition D) sont majoritairement rejetées. À l'inverse la réponse qui recueille le plus haut niveau d'accord est la proposition G. Cette dernière, au regard de l'agencement des entités microscopique, décrit une substance solide, au sein de laquelle les ions sont séparés et non associés sous forme d'une entité électriquement neutre.

Réponses à la QR3

Le nombre d'élèves ayant correctement répondu à la troisième question (tableau 2) s'avère très faible (56 / 6,8% en troisième ; 137 / 17,3% en seconde) mais augmente néanmoins avec le niveau d'étude. Ce résultat peut s'interpréter en troisième par le constat que la notation symbolique (aq) ne figure que dans une ressource d'accompagnement du cycle 4 (MEN, 2016). En seconde, ce résultat est plus surprenant puisque la préparation de solutions aqueuses se trouve explicitement dans les programmes d'enseignement.

La réponse la plus fréquemment retenue est la proposition 4 qui fait apparaître les formules des ions (377 / 45,8% en troisième ; 310 / 39,2% en seconde).

Effectifs	Prop. 1 (K + Cl)	Prop. 2 (K ⁺ + Cl ⁻)	Prop. 3 (KCl + H ₂ O)	Prop. 4 (K ⁺ + Cl ⁻ + H ₂ O)	Prop. 5 (KCl (aq))	Prop. 6 (K ⁺ (aq) + Cl ⁻ (aq))	NA
3eme (N _{3eme} = 823)	8 (1%)	150 (18,2%)	129 (15,7%)	377 (45,8%)	17 (2,1%)	56 (6,8%)	86 (10,4%)
2nde (N _{2nde} = 791)	10 (1,3%)	83 (10,5%)	162 (20,5%)	310 (39,2%)	44 (5,6%)	137 (17,3%)	45 (5,7%)

Tableau 2 : Réponses obtenues à la troisième question. Même lecture que le tableau 1.

Conclusion

Les réponses à la première question indiquent des difficultés pour les élèves, à traduire la dissociation du solide ionique en deux solutés distincts à l'échelle macroscopique. Elles mettent par ailleurs en lumière une évolution pouvant être mise en lien avec les instructions officielles : la préparation d'une solution par dissolution devient un objet explicite d'enseignement à partir de la classe de seconde, l'explication du processus en jeu étant réservé à la classe de première spécialité. Au contraire, les résultats obtenus à la deuxième question soulignent une absence d'évolution entre les élèves de troisième et de seconde quant à la description d'une solution ionique à l'échelle microscopique, ce qui semble indiquer une faible utilisation de ce type de représentation iconiques par les enseignants. Notons que le nombre élevé de non-réponses et le choix d'une proposition représentant des entités ordonnées concordent avec certains résultats d'une étude menée par Devetak et al. (2009).

Enfin, relevons que si la formule chimique correcte d'une solution ionique demeure peu choisie par les élèves interrogés, la majorité des élèves (583 / 70,8% en troisième ; 530 /

67,0% en seconde ; tableau 2) a retenu des notations symboliques faisant apparaître les formules des ions. Les résultats aux questions 1 et 3 semblent ainsi indiquer une absence de cohérence entre la description macroscopique et la formule chimique utilisée pour décrire une solution ionique. Celle-ci semble plus en accord avec la représentation microscopique préférentiellement retenue à la question 2 (Proposition G, Annexe 2), ce qui confirmerait chez les élèves une tendance à une interprétation essentiellement microscopique du langage symbolique (Canac, 2017).

Les résultats obtenus montrent que les élèves interrogés peinent à décrire correctement une solution ionique, quelle que soit l'échelle considérée ou le système sémiotique employé. Ce constat pourrait justifier la poursuite de recherches sur la manière dont le concept de solution ionique est enseigné.

Par ailleurs, si cette première analyse confirme certains résultats déjà identifiés, comme la difficulté à décrire précisément une solution ionique à l'échelle macroscopique ou la prédominance d'un lien entre langage symbolique et échelle microscopique, il pourrait être intéressant d'explorer le lien entre les réponses aux différentes questions afin de mettre au jour d'éventuelles concordances ou, à l'inverse, de révéler des incohérences récurrentes entre les différentes descriptions.

Bibliographie

- Barlet, R., & Plouin, D. (1994). L'équation-bilan en chimie un concept intégrateur source de difficultés persistantes. *Aster*, 18, 28-56.
- Bulletin officiel de l'éducation nationale. (2019). *Programme de l'enseignement de physique-chimie de la classe de seconde générale et technologique*. https://cache.media.education.gouv.fr/file/SP1-MEN-22-1-2019/98/9/spe634_annexe_1062989.pdf
- Bulletin officiel de l'éducation nationale. (2020). *Programmes d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4)*. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/A-Scolarité_obligatoire/37/7/Programme2020_cycle_4_comparatif_1313377.pdf
- Canac, S. (2017). *Le langage symbolique de la chimie en tant que méta-niveau entre registre empirique et registre des modèles : Une problématique de l'enseignement-apprentissage de chimie* [Paris 7 Diderot]. <https://www.theses.fr/2017USPCC071>
- Canac, S., & Kermen, I. (2018). *Conception d'une ressource didactique fondée sur l'histoire des sciences pour introduire les formules chimiques au collège*. Les cahiers du LDAR n°20. IREM de Paris.
- Coupaud, M., Castéra, J., Cheneval-Armand, H., Brandt-Pomares, P., & Delsérieys, A. (2019). Développer un questionnaire pour étudier les conceptions de l'évolution du vivant d'élèves de collège : Entre cadres didactique et psychométrique. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 20, Article 20. <https://doi.org/10.4000/rdst.2641>
- de Berg, K. (2012). A study of first-year chemistry students' understanding of solution concentration at the tertiary level. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13(1), 8-16. <https://doi.org/10.1039/C1RP90056K>

- Devetak, I., Vogrinc, J., & Glažar, S. A. (2009). Assessing 16-Year-Old Students' Understanding of Aqueous Solution at Submicroscopic Level. *Research in Science Education*, 39(2), 157-179. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9077-2>
- Gandillet, E., & Le Maréchal, J.-F. (2003). Conceptions et chimie des solutions ioniques. *3ème rencontres scientifiques de l'Ardist*, 157-164. <https://ardist.org/wp-content/uploads/2021/04/actes-2003.pdf>
- Husson, F., Lê, S., & Pagès, J. (2016). *Analyse de données avec R* (2e édition revue et augmentée). Presses universitaires de Rennes.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Kabapinar, F., Leach, J., & Scott, P. (2004). The design and evaluation of a teaching–learning sequence addressing the solubility concept with Turkish secondary school students. *International Journal of Science Education*, 26(5), 635-652. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614000>
- Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2007). Exploring How Different Features of Animations of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 413-429. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9065-3>
- Kermen, I. (2016). *Modèles et modélisation dans l'enseignement de la chimie : D'une analyse épistémologique et didactique à l'étude des pratiques enseignantes* [Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, université Paris Diderot Paris 7]. <https://hal.science/tel-02883037>
- Kermen, I., & Canac, S. (2021). Espèce chimique, entité chimique, substance chimique ? Réflexion critique autour du glossaire d'accompagnement des programmes de chimie 2019. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 115(1030), 29-41.
- Ministère de l'éducation nationale. (2016). *Une expertise*. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Physique_Chimie/59/6/EV16_C4_PhysChim_expertise_749596.pdf
- Naah, B. M., & Sanger, M. J. (2013). Investigating Students' Understanding of the Dissolving Process. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 103-112. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9379-7>
- Talanquer, V. (2022). The Complexity of Reasoning about and with Chemical Representations. *JACS Au*, 2(12), 2658-2669. <https://doi.org/10.1021/jacsau.2c00498>

Annexes

Annexe 1

1^{ère} question

Première expérience :

On verse 20 grammes de solide (du chlorure de sodium) dans 500 millilitres d'eau liquide pure. On agite plusieurs minutes. On obtient un liquide incolore et transparent.

Deuxième expérience :

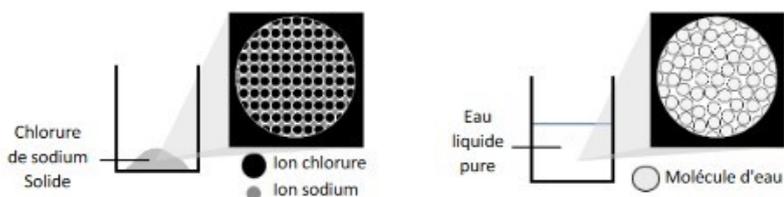
On verse 200 grammes du même solide (du chlorure de sodium) dans 500 millilitres d'eau liquide pure. On agite plusieurs minutes. On obtient un liquide incolore et transparent ainsi qu'un peu de solide au fond du récipient.

Quelle phrase décrit le mieux le liquide incolore et transparent obtenu à la fin de la **deuxième expérience** ? (Une seule réponse possible)

- Le liquide est de l'eau pure.
- Le liquide est un mélange d'eau liquide et de chlorure de sodium liquide.
- Le liquide est un mélange d'eau et de chlorure de sodium.
- Le liquide est un mélange d'eau et de chlorure de sodium dans le fond du récipient, et d'eau pure vers la surface.
- Le liquide est un mélange d'eau, d'ions chlorure et d'ions sodium.
- Le liquide est un mélange d'eau, d'ions chlorure et d'ions sodium dans le fond du récipient, et d'eau pure vers la surface.

2^{ème} question

Voici des représentations, à l'échelle microscopique, du chlorure de sodium solide, de formule NaCl, et de l'eau liquide pure.



Pour chaque proposition ci-dessous, indiquez votre degré d'accord avec la représentation proposée du liquide incolore et transparent, obtenu à la fin de la **deuxième expérience**.



Entourer la réponse : Pas du tout d'accord avec la représentation -- | Pas vraiment d'accord avec la représentation - | Plutôt d'accord avec la représentation + | Tout à fait d'accord avec la représentation ++

Molécule d'eau
 Ion chlorure
 Ion sodium
 Nouvelle entité microscopique

Proposition A	Proposition B	Proposition C	Proposition D	Proposition E	Proposition F	Proposition G
-- - + ++	-- - + ++	-- - + ++	-- - + ++	-- - + ++	-- - + ++	-- - + ++

3^{ème} question

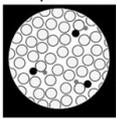
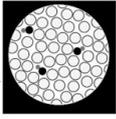
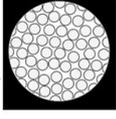
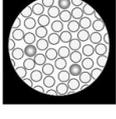
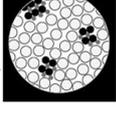
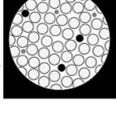
Quatrième expérience

On verse 100 grammes de solide (du chlorure de potassium) dans 500 millilitres d'eau liquide pure. On agite plusieurs minutes. On obtient un liquide incolore et transparent.

Le chlorure de potassium solide, de formule KCl, est composé d'ions chlorure, dont le symbole est Cl⁻, et d'ions potassium, dont le symbole est K⁺. Parmi les formules proposées, quelle est celle qui décrit le mieux le liquide incolore et transparent obtenu dans la **quatrième expérience**. (Une seule réponse possible)

- (K + Cl)
 (K⁺ + Cl⁻)
 (KCl + H₂O)
 (K⁺ + Cl⁻ + H₂O)
 (KCl (aq))
 (K⁺(aq) + Cl⁻(aq))

Annexe 2 : Résultats obtenus à la deuxième question

Représentation	Niveau (N _{3eme} = 823) (N _{2nde} = 791)	Pas du tout d'accord	Pas vraiment d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	NA	Khi-2 (p-value)
Proposition A 	3eme	84 (10,2%)	291 (35,4%)	282 (34,3%)	35 (4,3%)	131 (15,9%)	0,424
	2nde	88 (11,1%)	268 (33,9%)	248 (31,4%)	38 (4,8%)	149 (18,8%)	
	Total	172 (10,7%)	559 (34,6%)	530 (32,8%)	73 (4,5%)	280 (17,3%)	
Proposition B 	3eme	62 (7,5%)	265 (32,2%)	300 (36,5%)	58 (7%)	138 (16,8%)	0,293
	2nde	57 (7,2%)	233 (29,5%)	275 (34,8%)	70 (8,8%)	156 (19,7%)	
	Total	119 (7,4%)	498 (30,9%)	575 (35,6%)	128 (7,9%)	294 (18,2%)	
Proposition C 	3eme	550 (66,8%)	62 (7,5%)	42 (5,1%)	45 (5,5%)	124 (15,1%)	0,055
	2nde	546 (69%)	42 (5,3%)	32 (4%)	29 (3,7%)	142 (18%)	
	Total	1096 (67,9%)	104 (6,4%)	74 (4,6%)	74 (4,6%)	266 (16,5%)	
Proposition D 	3eme	307 (37,3%)	212 (25,8%)	122 (14,8%)	48 (5,8%)	134 (16,3%)	0,609
	2nde	300 (37,9%)	191 (24,1%)	107 (13,5%)	43 (5,4%)	150 (19%)	
	Total	607 (37,6%)	403 (25,0%)	229 (14,2%)	91 (5,6%)	284 (17,6%)	
Proposition E 	3eme	94 (11,4%)	179 (21,7%)	264 (32,1%)	154 (18,7%)	132 (16%)	0,801
	2nde	93 (11,8%)	170 (21,5%)	259 (32,7%)	131 (16,6%)	138 (17,4%)	
	Total	187 (11,6%)	349 (21,6%)	523 (32,4%)	285 (17,7%)	270 (16,7%)	
Proposition F 	3eme	84 (10,2%)	290 (35,2%)	254 (30,9%)	53 (6,4%)	142 (17,3%)	0,146
	2nde	83 (10,5%)	269 (34%)	250 (31,6%)	31 (3,9%)	158 (20%)	
	Total	167 (10,3%)	559 (34,6%)	504 (31,2%)	84 (5,2%)	300 (18,6%)	
Proposition G 	3eme	108 (13,1%)	109 (13,2%)	217 (26,4%)	266 (32,3%)	123 (14,9%)	0,086
	2nde	112 (14,2%)	120 (15,2%)	205 (25,9%)	211 (26,7%)	143 (18,1%)	
	Total	220 (13,6%)	229 (14,2%)	422 (26,1%)	477 (29,6%)	266 (16,5%)	

Quelles pratiques de la mesure en classe de physique par des enseignants de 6ème ?

Clément Maisch¹, Timothée Richard²

1 : Laboratoire de didactique André Revuz, CY Cergy Paris Université

2 : Collège Georges Pompidou, Courbevoie, Académie de Versailles

Résumé

La mesure est centrale dans l'activité scientifique des chercheurs mais aussi dans l'enseignement des sciences à l'école élémentaire et au début du collège. Peu d'études s'intéressent à ce thème en didactique des sciences et mettent en avant les questions de la qualité de ces mesures (reproductibilité, incertitudes, ...). Dans cette étude exploratoire nous cherchons à déterminer les pratiques de deux enseignants en classe de 6ème mettant en jeu la question de la mesure. L'analyse d'observations de classe filmées et d'entretiens avec ces enseignants, effectuée à l'aide de la Double Approche Didactique et Ergonomique, nous a permis de déterminer leurs pratiques enseignantes. Ces deux enseignants ne mettent pas en avant les mêmes aspects de la mesure, n'organisent pas leur travail de la même manière mais, dans les deux cas, introduisent la question de la qualité des données recueillies ou traitées.

Mots-Clés : 6^e ; Transition primaire-secondaire ; Mesure ; Double Approche Didactique et Ergonomique.

Quelles pratiques de la mesure en classe de physique par des enseignants de 6^{ème} ?

Introduction

La mesure - à la fois l'action qui consiste à mesurer et le résultat obtenu - désigne une activité majeure pour de nombreuses sciences, qu'elle soit le moyen pour parvenir à un résultat ou l'objectif visé. (Boudjaaba, et al., 2021, p.14)

C'est ainsi que Boudjaaba et ses collègues spécialistes de la métrologie resituent la mesure dans leur recueil publié à l'occasion de la redéfinition de plusieurs étalons de mesure en 2019. La mesure est donc centrale dans l'activité scientifique et les questionnements qui lui sont liés sont à la pointe des activités de recherches actuelles. Aussi la métrologie tisse un lien fort entre les sciences expérimentales (et la physique tout particulièrement) et ces questionnements¹.

Ce lien s'illustre aussi dans l'éducation des sciences à l'école primaire, où les nouvelles orientations du programme de cycle 3 mettent en avant certains concepts de la mesure dans les enseignements scientifiques :

Elle [la réalisation de mesures quantitatives] permet également une première approche des concepts de variabilités et des reproductibilités des mesure réalisées, notions essentielles dans la mise en œuvre d'activités expérimentales. (MENJ, 2023, p.80)

Or, au cycle 3 nous avons affaire à deux problématiques : d'une part le thème « Grandeurs et mesures » est abordé majoritairement dans la partie Mathématiques du programme ; d'autre part ce cycle est partagé entre l'école élémentaire (CM1/CM2) où exercent des enseignants pluridisciplinaires mais peu spécialistes des questions scientifiques, et le collège (6^{ème}) où enseignent des enseignants scientifiques spécialiste de leurs disciplines.

Nous nous interrogeons donc sur la mise en pratique et l'interprétation de ces directives par les enseignants de 6^{ème} au regard de leur niveau d'expertise quant aux notions de grandeur et de mesure.

Les mesures et grandeurs en didactique

L'aspect interdisciplinaire² de ces enseignements nous invite à nous intéresser aux recherches en didactique des mathématiques et des sciences expérimentales conduites sur ces concepts.

¹ En partie au travers l'établissement d'un Vocabulaire International de Métrologie ainsi que par la définition d'étalons, ou encore de méthodes concernant l'expression de l'incertitude de mesure. <https://www.bipm.org/fr/home>

En didactique des mathématiques

Il est important de noter que les programmes ont mis en avant depuis au moins 20 ans l'enseignement de la mesure et des grandeurs au sein des enseignements de mathématiques. Parmi de nombreuses études de didactique des mathématiques sur le sujet, Chambris (2008) indique qu'il existe un lien fort entre le développement du concept de nombre et le concept de grandeur. La question de l'instrumentation est parfois soulevée notamment avec les aspects de géométrie mais se limite généralement aux questions de manipulation des instruments. Chesnais et Munier (2015) pointent le fait que la question de la variabilité de la mesure liée à ces aspects empiriques ne sont pas traitées ni étudiées car considérées hors du champ des mathématiques.

En didactique des sciences expérimentales

Du point de vue de la didactique des sciences expérimentales, le nombre d'études menées sur l'enseignement de la mesure est plus restreint. Ces études mettent en avant la question de la gestion de la variabilité des résultats (incertitudes, aspects probabilistes...) ainsi que de la question de la vision de la nature des sciences qu'entraîne cette problématique. Si quelques études concernant les questions des mesures et des incertitudes au lycée et au niveau universitaire ont été réalisées (Buffler *et al.*, 2001, Auteur 1a, Séré, 2008, Caussariou et Tiberghien, 2016), les études menées sur l'enseignement à l'école primaire l'ont été majoritairement par un groupe formé autour de Valérie Munier. Ainsi, ce groupe a exploré l'introduction des erreurs et des incertitudes sous leurs aspects probabilistes (Munier *et al.*, 2013). Passelaigue et Munier (2015) ont montré que les Professeurs des Écoles Stagiaires (PES) avaient un positionnement épistémologique flou sur les différents thèmes liés aux concepts de grandeurs et de mesures. Ces résultats ont été corroborés par Auteur 1b qui a aussi observé que ces PES avaient faiblement conscience des questions de traitement statistique des données. Enfin, Molvinger *et al.* (2017) ont montré en utilisant la Double Approche Didactique et Ergonomique (DADE, Robert & Rogalski, 2002) que l'enseignement de ces concepts par une Professeur des Écoles (PE) était complexe et impliquait différents enjeux d'enseignement tels que des enjeux d'apprentissages concernant les grandeurs et les mesure, des enjeux autour des démarches et notamment de la place des expérimentations, ou encore des enjeux langagiers. À notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à la pratique d'enseignant de collègue en classe de 6^{ème}.

² Nous parlons ici d'interdisciplinarité car les thèmes de grandeurs et de mesures sont présentés comme des éléments identiques quelles que soit les disciplines concernées dans le programme.

Problématique³

Les programmes scolaires de l'école primaire mettent en avant la pluri- et l'interdisciplinarité dans les enseignements menés par les PE. Celles-ci, ainsi qu'un faible bagage scientifique des PE, peuvent être les raisons expliquant leurs difficultés à s'approprier les concepts en jeu, notamment ceux en lien avec les questions de la qualité de la mesure. Or, à l'opposé, les enseignants de l'enseignement secondaire en physique-chimie sont considérés comme des spécialistes de ces disciplines. Nous pouvons donc nous attendre à ce qu'ils soient capables de formaliser ces concepts, au regard de la métrologie, et les mettre en avant dans leurs enseignements.

Nous nous interrogeons donc sur la manière dont les directives du programme concernant les apprentissages liés à la mesure prennent place dans leurs enseignements en classe de 6^{ème}, mais aussi sur leur compréhension personnelle de ces concepts et des enjeux d'apprentissage qui leurs sont liés.

De manière à répondre à cette question, nous nous appuyons sur les études menées par Kermen et Barroso (2013) et Molvinger *et al.* (2017) concernant les pratiques d'enseignant en classe. Ainsi, nous souhaitons identifier ces pratiques selon les différentes composantes proposées par Robert & Rogalski (2002) dans leur DADE.

Méthodologie

De manière à répondre à ces questionnements, nous avons observé les pratiques de classe de deux enseignants de 6^{ème} (AP et CB) dans des séances qui, selon eux, mettent en avant la question de la mesure et des grandeurs. Ces deux enseignants volontaires sont engagés dans leurs enseignements ainsi que dans des activités de formation et de recherche.

Recueil des données

Pour chacun des enseignants, nous avons filmé la séance proposée (TP d'une heure) effectuée par deux groupes (demi-classes) de TP. En plus de ces enregistrements, plusieurs entretiens ont été menés et filmés : un pré-entretien, dans lequel l'enseignant explicite ses objectifs, un entretien post-expérience juste après la séance, et un post-entretien quelques semaines après la séance.

³ Ce travail a été entamé lors de la réalisation d'un mémoire dans le cadre du Master Recherche en didactique des sciences de l'Université Paris-Cité lors de l'année 2021-2022.

Méthode d'analyse

Comme précisé précédemment, nous nous sommes appuyés sur les méthodologies de recherches déjà cités. Nous avons choisi d'utiliser le cadre d'analyse de la DADE de manière à appréhender différents facteurs des pratiques enseignantes (Robert & Rogalski, 2002). Ainsi, en lien avec les enjeux présents dans la séance, nous étudions le rôle et la place de l'enseignant au sein de l'institution scolaire et ses interactions avec elle (positionnement, règles, contraintes, etc.) ainsi qu'au niveau local (établissement, collègues, etc.) (composantes institutionnelle et sociale). Nous déterminons aussi ses connaissances et expériences (composante personnelle) mais aussi ses objectifs et les tâches qu'il prévoit, les apprentissages potentiels, le contenu et le développement cognitif souhaité (composante cognitive). Enfin, nous prenons en compte l'interaction entre l'enseignant et le groupe d'apprenants, sa gestion, son discours et ses actions (composante médiative).

Résultat

Enseignant 1 : AP

La séance choisie par AP porte sur l'identification de la masse volumique de plusieurs objets. Ce travail implique la mesure de volume grâce à l'utilisation d'une éprouvette graduée, la mesure de masse à l'aide d'une balance numérique, le calcul de la masse volumique des objets à l'aide d'une formule (composante cognitive), et enfin le retour sur la situation-problème. AP fait comparer des valeurs obtenues par différents groupes pour le même matériau (composante médiative) et introduit la notion de variabilité et d'incertitude dans les résultats obtenus (composante cognitive). AP possède des conceptions et des savoirs que nous avons pu partiellement questionner (conceptions des erreurs et des incertitudes de mesure notamment) mais nous n'avons pu définir s'ils exercent une influence sur sa pratique. AP indique aussi que la préparation de cette activité était chronophage mais permet un gain de temps sur l'apprentissage et la gestion de classe (composante personnelle). Il exprime aussi le besoin de se référer au programme (composante institutionnelle) et passe ainsi par les grandeurs de masse et de volume pour introduire la masse volumique (en lien avec la loi $\rho = m / V$). Comme les tâches de mesurage sont déjà connues par les élèves, cela lui permet d'introduire des notions nouvelles telles que l'analyse d'un ensemble de données en mettant en avant (sans la discuter) la question des erreurs et des incertitudes (composante cognitive). Au cours de la séance, AP prend en charge la question des erreurs et des incertitudes (composante médiative), mais il cherche à ce que les élèves puissent réfléchir par eux-mêmes à leurs erreurs sur les autres savoirs en jeu (composante cognitive).

Enseignant 2 : CB

La séance choisie par CB porte sur l'identification de la capacité thermique des matériaux. Dans cette séance, les élèves doivent tester la capacité thermique d'une boîte qu'ils ont pu construire lors de la séance précédente, en mesurant l'évolution de la température d'eau chaude (ou froide) placée dans cette boîte (composante cognitive). Les élèves sont évalués sur leur capacité à réaliser une mesure (ici de température) ainsi que sur le respect des consignes de sécurité. Ce travail implique le tracé d'un schéma présentant la situation expérimentale, un temps de recueil de données (pouvant être organisées dans un tableau) et le calcul de vitesse instantanée de variation de la température. CB effectue un suivi de chaque groupe (composante médiative) et amène, entre autres, une discussion sur la stabilisation de la température et donc sur l'identification d'une source d'erreur mais sans l'identifier en tant que telle (composante cognitive). Les différents entretiens montrent une présence forte des aspects cognitifs mêlés à des aspects médiatifs dans les réponses de CB. Quelques éléments d'explicitation et de justification sont présents concernant le besoin d'attendre la stabilisation de la température pour prendre une mesure et éviter des erreurs (composante médiative). Dans les discussions, CB n'aborde quasiment jamais les aspects sociétaux et institutionnels, ni des éléments en lien avec la composante personnelle dans son travail.

Comparaison

Ces deux situations diffèrent sur la place de ces séances au sein d'une séquence : AP contextualise sa problématique par rapport à la spécialité du groupe (sport), alors que celle de CB est incluse dans un projet (voyage sur Mars). Aussi, AP cherche à rendre autonome les élèves dans leurs travaux de mesurage en les guidant fortement avec un formulaire, alors que CB cherche à ce que les élèves fassent preuve d'initiative en encadrant faiblement la procédure expérimentale. La situation proposée par AP nécessite tout de même une prise d'initiative des élèves dans le choix final en lien avec les valeurs obtenues. Ce travail n'existe pas dans la séance de CB, car le travail sur le traitement ne sera mené que lors de la séance suivante (composante médiative). Enfin, la question des erreurs de mesure et des incertitudes, est présente dans les deux séances, sans être véritablement discutée. Pour AP, ce travail est effectué par un retour rapide autour des chiffres significatifs et des incertitudes lors du traitement des données. De son côté, CB s'intéresse à la précision des gestes techniques lors du recueil de données (placement de la zone sensible du thermomètre, stabilisation de la température avant la prise de données) (composante cognitive).

Conclusion

Cette étude nous a permis tout d'abord d'observer que des enseignants spécialistes des sciences mettent en lien les questions liées à l'acte de mesurage avec leurs enseignements

et tout particulièrement s'intéressent à la question de la qualité des données (erreurs de prise de mesure, incertitudes) sans toutefois la discuter ni véritablement mettre en avant les concepts de la métrologie. Ensuite, l'utilisation de la DADE nous a permis d'identifier différents positionnements face à ces enseignements : l'un fournissant plus d'information sur son positionnement institutionnel et personnel face à ce questionnement que l'autre. Cette étude atteste de l'importance de poursuivre ces investigations au niveau de la pratique « ordinaire » des enseignants de manière à mieux identifier le lien entre leurs pratiques, les attendus institutionnels et leur positionnement personnel à propos de ces enseignements. Il nous semble aussi important d'étoffer nos connaissances portant spécifiquement sur la manière dont les enseignants de 6^{ème} traite de la qualité des données afin de pouvoir leur fournir dans le futur des éléments d'accompagnement sur cette thématique.

Bibliographie

- Boudjaaba, F., Courty, J.M., & Gaille, M. (2021). De la mesure en toutes choses. Ed : CNRS éditions, Paris.
- Brousseau, G. & Brousseau, N. (1992). Le poids d'un récipient. Étude des problèmes du mesurage en CM. *Grand N*, 50, 65-87.
- Buffler, A., Allie, S. & Lubben, F. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1137-1156.
- Caussariou, A. & Tiberghien, A. (2016). When and why are the values of physical quantities expressed with uncertainties? A case study of a physics undergraduate laboratory course. *Journal of Science and Mathematics Education*, 15(6), 997-1015
- Chambris, C. (2011). Relations entre grandeurs, nombres et opération primaire. *Actes du 18ème du colloque de la Commission de Recherche sur la Formation des Enseignants de Mathématiques 2011*, 135-155.
- Chesnais, A. & Munier, V. (2015). Mesure, mesurage et incertitudes : une problématique inter-didactique mathématiques/physique. *Actes du séminaire national de l'ARDM*, 212-237.
- Kermen, I. & Barroso, M. T. (2013). Activité ordinaire d'une enseignante de chimie en classe de terminale. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 8, 91-114.
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse (2023). *Annexe – Programme de sciences et technologie du cycle 3*. Bulletin officiel n° 25 du 22 juin 2023.
- Molvinger, K, Chesnais, A, & Munier, V. (2017). L'enseignement de la masse à l'école élémentaire : pratique d'une enseignante débutante en éducation prioritaire. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 15,133-167.
- Munier, V., Merle, H. & Brehelin, D. (2013). Teaching Scientific Measurement and Uncertainty in Elementary School. *International Journal of Science Education*, 35 (16),2752-2783.
- Passelaigne, D. & Munier, V. (2015). Schoolteacher trainee's difficulties about the

concepts of attribute and measurement. *Educational Studies in Mathematics*, 89, 307-336.

Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences des mathématiques et des technologies*, 4, 505-528.

Séré, M.-G. (2008). La mesure dans l'enseignement des sciences physiques. Evolution au cours du temps. *Aster*, 47, 25-42.

Analyse praxéologique d'une formation professionnalisante en métrologie pour le travail

Jamila Mimouni¹, Kaouther Rassaa², Chiraz Ben Kilani¹

1 : ISEFC, Tunis

2 : Faculté des Sciences Mathématiques, Physiques et Naturelles de Tunis

Résumé

Cet article s'attache à rendre compte de la manière dont les savoirs portant sur l'incertitude de mesure sont abordés lors d'une formation professionnalisante en métrologie. L'étude prend appui sur la théorie anthropologique de la didactique afin d'identifier, à partir de l'observation de cette formation, les praxéologies d'un expert-formateur en métrologie. L'analyse de ces praxéologies permet de révéler les types de tâches, la technique et la technologie qui sont au cœur de ce métier.

Mots-Clés : Incertitude de mesure ; Formation professionnelle ; Praxéologies ; TAD.

Analyse praxéologique d'une formation professionnalisante en métrologie pour le travail

Introduction

En Tunisie, la formation en métrologie, dans de vastes secteurs de l'enseignement supérieur est trop timide et quasi-absente. Ceci conduit à des problématiques professionnelles et économiques majeures pour un pays en constante évolution. Ce constat du diagnostic (PTB, 2016 - 2018 ; Mimouni et Ben Kilani, 2023) situe bien le contexte dans lequel nous cherchons à construire et à résoudre, dans le champ de la didactique, des problématiques relatives à la formation en ce domaine. En particulier à des questions d'enseignement-apprentissage de la notion de l'incertitude de mesure dans un contexte de formation professionnelle. La convention du mètre est signée à Paris le 20 mai 1875 dont l'objectif est d'assurer l'unification internationale du système métrique. Dès lors, l'approche de la mesure dans les pays signataires a évolué au fil du temps. Séré (2008) souligne que dès la réforme pour l'enseignement scientifique en France en 1902, il y a eu convergence et centration sur l'expérimentation dans l'objectif de former un esprit scientifique chez les apprenants. L'auteur souligne que « les pratiques ainsi que les objectifs des enseignants en la matière ont fortement évolué au cours des années » (Séré, 2008, p. 2). En 2012, la Tunisie a signé la convention du mètre et a désigné son laboratoire national de métrologie chimique. Ce décalage dans la coordination du système international de mesure peut expliquer le manque de sensibilisation à la métrologie, que ce soit dans les programmes scolaires officiels ou dans d'autres secteurs industriels.

Quelques travaux didactiques se sont intéressés à la question de l'enseignement de la mesure et de l'incertitude. Il est crucial d'intégrer une réflexion sur la mesure et les incertitudes dès l'école élémentaire et tout au long de la scolarité (Munier & al., 2018). Séré (2008) indique que la sophistication croissante des instruments de mesure a détourné l'attention de l'apprentissage des savoirs de mesure. Dès lors, le débat s'est éloigné de l'apprentissage des savoir-mesurer vers le savoir utiliser et interpréter ces données. Il est plus utile de réduire les calculs d'incertitudes inutiles, de transformer certaines activités de TP pour rendre l'utilisation des incertitudes nécessaire, et de prévoir un enseignement explicite des incertitudes pour aider les étudiants à leur donner un sens physique (Caussarieu & Tiberghien, 2017). En mettant l'accent sur la communication de la mesure avec une incertitude numérique cohérente et en intégrant ces concepts dans les activités de laboratoire, les étudiants sont mieux préparés à contribuer de manière significative au progrès scientifique. (Buffler & al., 2009). Maisch et al (2008) ont affirmé que la détermination des incertitudes, même après avoir obtenu une seule valeur, peut être un indicateur important du raisonnement global. Les recherches ont montré que les enseignants ne maîtrisent pas suffisamment les concepts en jeux, ce qui peut expliquer certaines difficultés rencontrées dans l'enseignement de la mesure et des incertitudes.

(Munier & al., 2018). Ces auteurs ont insisté sur le rôle de la formation et de la recherche pour explorer les difficultés et les possibilités d'amélioration de l'enseignement de la mesure et de l'incertitude.

Dans cette recherche, nous estimons comprendre comment l'incertitude de mesure est abordée dans une formation professionnalisante. Pour cela, nous mobiliserons la Théorie Anthropologique de la didactique (TAD) (Chevallard, 1989).

Cadre théorique

Dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique TAD, toute activité humaine peut être décrite par un modèle que Chevallard (1989) nomme praxéologie. Ce modèle constitue une méthode d'analyse des pratiques en permettant leur description et l'étude de leurs conditions de réalisation (Bosch et Chevallard, 1999). Toute praxéologie se définit par un quadruplet $[T/\tau/\theta/\Theta]$. Le premier bloc $[T/\tau]$ est constitué par un système de type de tâches à accomplir avec une technique. Ce groupement (praxis) renvoie à un savoir-faire relevant de la pratique. Le second bloc $[\theta/\Theta]$ relève d'un discours raisonné (logos). Il est composé par une technologie permettant de valider et rendre intelligibles les techniques mises en œuvre, et qui à leur tour sont justifiables par des théories. Chevallard (2003) introduit la notion d'institution en considérant que toute organisation praxéologique s'exprime dans une institution particulière qui se distingue par ses propres manières de faire et de penser. Il définit le rapport personnel à un objet de savoir comme le système de « toutes les interactions, que l'individu peut avoir avec cet objet – que le sujet le manipule, l'utilise, en parle, en rêve, etc. » (Chevallard, 2003). Pour autant, ce rapport est influencé par la position de l'individu en tant que membre d'une institution et par la façon dont cette institution aborde un domaine de connaissance spécifique.). Dans ce travail, nous nous proposons d'utiliser le modèle praxéologique pour analyser l'organisation d'une formation professionnalisante en métrologie. Nous nous intéressons à la manière dont ces savoirs sont mis en œuvre par le formateur.

Problématique

L'étude de l'incertitude de mesure dans les sciences est très importante. En fait, ces incertitudes sont inhérentes à toutes les expériences scientifiques, pour cela il est nécessaire de les quantifier et déterminer de manière appropriée. « La question de la mesure est incontournable en sciences expérimentales comme en mathématiques. S'y intéresser suppose de distinguer résultat de la mesure et processus de mesurage, ainsi que de tenir compte de la problématique des incertitudes » (Chesnais et Munier, 2015, p. 212). En prenant en compte les erreurs et les incertitudes, ça permet de contribuer à améliorer la fiabilité des mesures scientifiques et à renforcer la rigueur des méthodes expérimentales. Dans le cursus scolaire, ces deux notions sont principalement abordées dans les sciences expérimentales. Dans certains pays comme la France, l'incertitude de mesure est abordée « Dès les premières activités de mesurage à l'école élémentaire et tout au long de la scolarité obligatoire, les élèves sont confrontés à la dispersion dès lors qu'ils sont amenés à

Analyse praxéologique d'une formation professionnalisante en métrologie pour le travail mesurer des grandeurs." (Munier et al., 2018). Malgré cette importance, en Tunisie, on l'enseigne à l'université, et cet enseignement présente souvent plusieurs défis (Diagnostic PTB, 2018 ; Mimouni et Ben Kilani, 2023).

Nous nous intéressons dans cet article aux praxéologies liées à l'estimation de l'incertitude de mesure mobilisées par un formateur-expert lors d'un pack de formation professionnelle. La recherche essaie de répondre à la question suivante : quels types de tâches, techniques, technologies et théories, portant sur l'incertitude de mesure, sont mises en œuvre par le formateur ?

Cadre méthodologique

Afin de répondre à notre question de recherche, nous avons opté pour une recherche qualitative dans laquelle nous avons analysé des traces vidéo que nous avons filmé lors d'un pack de formation professionnelle en matière de métrologie. Notre objectif est de déterminer et comprendre les actions concrètes mises en œuvre par ce formateur lors de la formation et voir comment ces actions contribuent à l'apprentissage des participants.

Traitement de données

L'échantillon de l'étude se compose de 12 adultes. Parmi eux, on compte une étudiante en mastère en ingénierie de la qualité dans une université privée, trois nouveaux diplômés, deux enseignantes universitaires chevronnées en chimie et six professionnels (domaine de l'automobile, l'environnement et l'aéronautique). Seule une participante avait étudié la métrologie à l'université. La formation s'est déroulée au sein d'un cabinet de formation privé à Tunis, la capitale. Toutes les sessions de ce programme de formation ont été étalées sur près de quatre mois, ont été enregistrées. Les modules étaient dispensés chaque week-end, totalisant 4 à 5 heures par jour, soit 84 heures au total. La séquence de notre étude s'intitule 'La méthode GUM - Approche modélisation ; (exemple d'application - TD)'.

Pour collecter les données, nous avons utilisé la méthode de l'observation participante, l'enregistrement vidéo et l'analyse du support de formation. Les enregistrements ont été transcrites et découpés en séquences selon la tâche demandée et selon l'exigence du guide (JCGM 100 : 2008). Le choix du formateur a été basé sur la thématique à analyser, sa formation principale et son expérience professionnelle. Les éléments praxéologiques proviennent du support de la séance de formation et des interactions entre le formateur et les participants, qui ont été transcrites.

Pour identifier les tâches, les techniques et les technologies nous avons opté au tableau suivant :

Tâche	Technique	Technologie
Que doit-faire le formateur pour résoudre la situation proposée ? (Verbes d'action identifiés)	Quels sont les outils et les moyens utilisés ?	Pourquoi accomplir ce type de tâche de cette manière ? (Conformément à quelle référence ?)

Tableau 1 : Identification des éléments constitutifs du praxéologie de la formation

Puisque nous n'avons pas repéré d'éléments relevant de la catégorie théorie dans les propos du formateur, nous avons décidé de présenter une praxéologie en trois colonnes.

Résultats

Dans cette partie nous allons présenter les éléments praxéologiques de la formation pour estimer l'incertitudes de mesures et leur mise en œuvre pour un dosage acido-basique.

Nous avons identifié quatre tâches :

La 1ère tâche que le formateur intitule « calcul de résultat de mesure » correspond dans un premier temps à 'la spécification de la caractéristique' et qui est la concentration C_A [1] de la solution HCl exprimée par le modèle $C_A = \frac{C_B \times V_B}{V_A}$ [2] puis elle correspond en second lieu à 'l'identification des sources d'erreurs' pour chaque variable sur le modèle exprimant le mesurande.

Figure 1 Modélisation du processus de mesurage

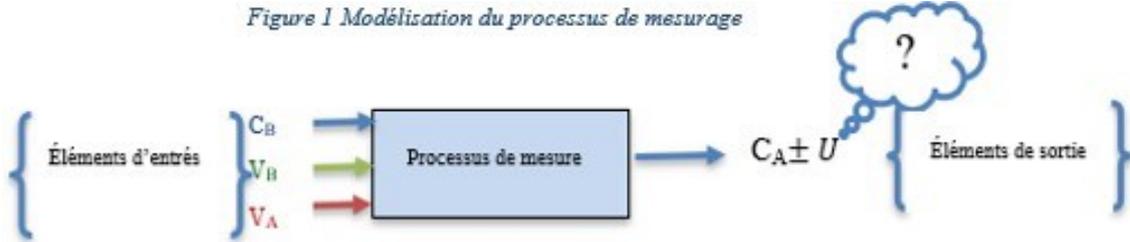


Figure 1 : Modélisation du processus de mesurage

Figure 2 Modélisation graphique des 5M théoriques

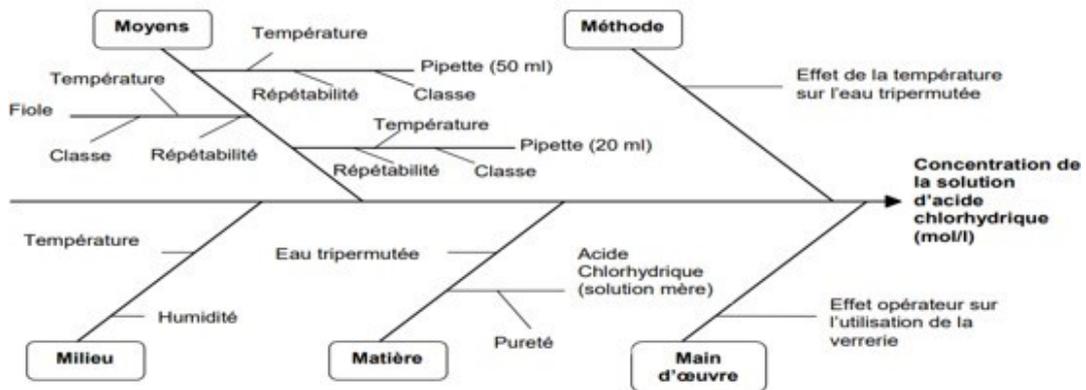


Figure 2 : Modélisation graphique de 5M théoriques

Figure 3 Modélisation graphique des 5M pratiques de l'exemple d'étude

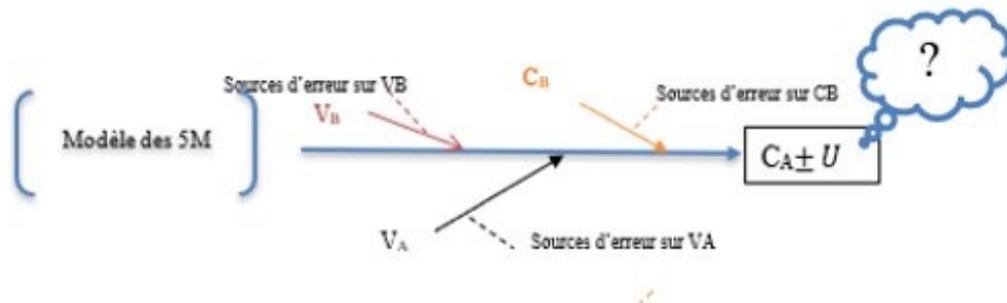


Figure 3 : Modélisation graphique des 5M pratiques de l'exemple d'étude

La 2^{ème} tâche porte sur « le calcul des incertitudes-types » sur V_A puis sur V_B (incertitudes-types due aux mesures volumétriques ; pipette et burette, incertitude-type liée à l'effet de la température, incertitude-type liée au ménisque, incertitude-type liée à la fidélité, incertitude-type liée à l'exactitude du réactif titrant (NaOH)).

La 3^{ème} tâche est conçue à la « détermination de l'incertitude-type composée » : (obtenue en utilisant les incertitudes-types individuelles associées aux grandeurs d'entrée dans le modèle de mesure dans cette situation, elle est calculée selon le principe de la loi de propagation des i

$$u_c(C_A) = C_A \sqrt{\left(\frac{u(C_B)}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_B)}{V_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2} \quad [3]$$

La 4^{ème} tâche consiste à déterminer l'incertitude élargie U : (c'est le produit de l'incertitude-type composée et d'un facteur d'élargissement. Afin d'obtenir un niveau de confiance de 95% pour $U(C_A) = 2 \times u(C_A) \quad (k = 2)$ [4]

Tableau 2 : Praxéologie didactique relative à la détermination des incertitudes de mesures

Tâches	Techniques	Technologies
Description du processus et définition du mesurande	Déterminer l'objet de mesure [1] à l'aide d'une formule fournie [2]. Analyser le processus expérimental en utilisant une représentation graphique reliant les causes et les effets (Figure1, Figure2 et Figure3) Établir un modèle mathématique pour l'expression du mesurande $C_A = \frac{C_B \times V_B}{V_A} = f(C_B, V_B, V_A)$	Diagramme des 5M Loi de propagation des incertitudes
Le calcul des incertitudes-types	Choisir, en fonction des données recueillies, la loi qui semble être représentative du phénomène étudié. Choix des composantes des incertitudes et estimation de leur valeurs	Loi de probabilité Loi de propagation des incertitudes
Déterminer l'incertitude-type composée	Exprimer le résultat d'une mesure, sa valeur est égale à la somme de termes [3], ces termes étant les incertitudes-types individuelles associées aux grandeurs d'entrées dans le modèle de mesure (Figure3)	Loi de propagation des incertitudes
Déterminer l'incertitude élargie U	Exprimer le résultat et son incertitude en multipliant l'incertitude composée U_c par facteur d'élargissement K. [4]	Loi de probabilité

Discussion et conclusion

Cette étude nous a permis de préciser les éléments de la praxéologie d'un formateur mobilisé pour estimer l'incertitude de mesure.

La résolution de l'exercice a tourné autour de la réalisation de quatre tâches permettant d'évaluer et d'exprimer l'incertitude du résultat d'un mesurage. Suite à l'expression mathématique de la relation reliant le mesurande et les grandeurs d'entrée d'en elle dépend, estimer les incertitudes-types des grandeurs d'entrée et déterminer l'incertitude composée et l'incertitude élargie. Les techniques utilisées pour évaluer les incertitudes de

mesure reposent sur l'utilisation des modèles mathématiques de mesurage et des jugements basés sur toutes les informations disponibles au sujet de la variabilité des grandeurs d'entrées (spécifications du fabricant, les données fournies par des certificats d'étalonnage, etc.). Le bloc logos repose sur des normes internationales justifiant les définitions des termes statistiques utilisés. Une distinction claire entre deux concepts clés qui sont le concept d'erreur et d'incertitude et des lois sur la base de l'ensemble des informations disponibles.

Le premier constat révélé par les praxéologies porte sur l'accent mis sur la distinction entre incertitude et erreur qui sont des concepts souvent confondus tel qu'il est cité par Munier (2012) « De nombreux travaux se sont penchés en France dans les années 90 sur les conceptions et les raisonnements des élèves et des étudiants. Ces recherches ont mis en évidence des difficultés liées au traitement des données et montré que les étudiants ont du mal à passer d'une vision déterministe de la science à une vision probabiliste, imposée par la dispersion des mesures » (Munier & Passelaigue, 2012, p. 74). Le second constat est relatif à la démarche appliquée et qui fournit une valeur de l'incertitude 'réaliste' plutôt que 'sûre' en plus d'une centration sur l'idée qu'une surestimation de l'incertitude peut l'écartier de sa valeur correcte. Au même temps, une incertitude sous-estimée, peut entraîner un excès de confiance et pourrait avoir des conséquences problématiques.

Les analyses montrent, également, que la dimension théorique est absente. Nous posons que la focalisation sur la manière d'appliquer les normes et des guides utilisés et l'absence de leurs fondements théoriques peut engendrer une perte du sens « dans la mesure où se trouvent cachés la finalité et le contexte de l'activité » (Fourez, 1994, pp. 65-66).

Nous concluons en nous interrogeant aussi sur la pertinence du choix de la situation en jeu par rapport à l'hétérogénéité des participants. Ce choix peut constituer une difficulté supplémentaire pour les participants non chimistes.

Cette formation est marquée par un caractère purement technique. Elle permet de développer la connaissance en termes de technologies à mobiliser (les référentiels normatifs et les documents de références en incertitudes de mesure), elle permet de construire un savoir-faire pour estimer les sources d'erreurs, mais ne permet pas le développement du sens origines de ces objets de savoir.

Notre travail sera prolongé en analysant les pratiques enseignantes de deux enseignantes universitaires en chimie qui ont assisté à cette formation. Puis nous comptons examiner la différence de rapport personnel des deux enseignantes à la métrologie une fois lorsqu'elles sont en posture d'apprenant au cours de la formation et une deuxième fois lorsqu'elles sont en posture d'enseignante en classe à l'université.

Bibliographie

- Caussariou, A. (2015). *Les incertitudes de mesure dans les TP de physique—Application avec des étudiants en licence. ENS de Lyon.*
- Bosch, M., & Chevillard, Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 19(1), 77-124.
- Buffler, A., Lubben, F., & Ibrahim, B. (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1137-1156.

<https://doi.org/10.1080/09500690802189807>

Chevallard, Y. (2003). *Didactique et formation des enseignants*. Maison d'édition.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 19, n° 2, pp. 221- 266, 1999. IUFM d'Aix-Marseille, 63 La Canebière, 13001 Marseille.

Bächtold, M., Durand-Guerrier, V., & Munier, V. (2018). *Epistémologie & didactique Synthèses et études de cas en mathématiques et en sciences expérimentales*. Presses universitaires de Franche-Comté.

Chevallard, Y. (1989). *Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel, Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique*, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 26 juin, Document interne n°108

Fourez, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique*. De Boeck-Wesmael.

Maisch, C., Ney, M., & Balacheff, N. (2008). Quelle est l'influence du contexte sur les raisonnements d'étudiants sur la mesure en physique ? *Aster*, 47(1), 43-69. <https://doi.org/10.4267/2042/28847>

Mimouni, J., & Ben kilani, C. (2023). Analyse d'un dispositif de formation professionnelle en métrologie pour le travail. *Mediterranean Journal of Education*, 3, 188-198 Pages. <https://doi.org/10.26220/MJE.4525>

Munier, V., Chesnais, A., & Molvinger, K. (2018). La mesure en mathématiques et en physique : Enjeux épistémologiques et didactiques. In M. Bächtold, V. Durand-Guerrier, & V. Munier (Éds.), *Epistémologie & didactique* (p. 95-111). Presses universitaires de Franche-Comté. <https://doi.org/10.4000/books.pufc.11357>

Munier, V., & Passelaigue, D. (2012). Réflexions sur l'articulation entre didactique et épistémologie dans le domaine des grandeurs et mesures dans l'enseignement primaire et secondaire. *Tréma*, 38, 106-147. <https://doi.org/10.4000/trema.2840>

Pélissier, L., & Venturini, P. (2016). Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique : Le cas de la notion de modèle. *Éducation et didactique*, 10(2), 63-90. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2502>

Séré, M.-G. (2008). La mesure dans l'enseignement des sciences physiques. Évolution au cours du temps. *Aster*, 47(1), 25-41. <https://doi.org/10.4267/2042/28846>

Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin. (2016). *Diagnostic portant sur les besoins de l'industrie tunisienne en matière de services dans le domaine de la métrologie industrielle et les potentiels de l'offre de formation académique et professionnelle dans ce domaine*. PTB. (Document interne).

Distinction des niveaux de savoir en chimie via un dispositif expérimental

Karine Molvinger¹, Eric Martial Nguetcho²

1 : Institut Charles Gerhardt Montpellier - Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux de Montpellier, École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier, Université de Montpellier, CNRS

2 : Faculté des sciences de l'éducation, Université de Yaoundé I, Département de didactique des disciplines, Cameroun

Résumé

Les niveaux de savoir représentent des obstacles incontournables dans l'apprentissage de la chimie au Cameroun comme d'ailleurs partout dans le monde. De nombreux élèves et enseignants rencontrent des difficultés à les distinguer. Nous voulons regarder si la mise en place de travaux pratiques portant sur la saponification permet aux élèves de les distinguer. Nous déterminons tout d'abord les origines des difficultés liées aux niveaux de savoir, ensuite nous évaluons l'influence du TP sur leur distinction. Pour y parvenir, nous avons exploré plusieurs pistes telle que les pistes institutionnelle, épistémologique et conceptuelle. Nous avons également mis en place une ingénierie didactique avec des questionnaires pour élèves et enseignants. La comparaison des analyses a priori et a posteriori montre que les élèves ayant participé à l'ingénierie distinguent mieux les niveaux de savoir par rapport à ceux n'ayant pas participé.

Mots-Clés : Niveaux de savoir en chimie ; Difficultés d'apprentissage ; Ingénierie didactique ; Programmes ; Pistes.

Distinction des niveaux de savoir en chimie via un dispositif expérimental

Introduction

Les niveaux de savoir sont des éléments clés dans l'apprentissage de la chimie. En effet, certains phénomènes peuvent être expliqués au niveau de ce qui est perçu, comme l'apparition d'une couleur, d'un dégagement gazeux (c'est le niveau macroscopique) ou à un niveau que nous ne pouvons observer, celui des molécules qui permet d'expliquer ces phénomènes (niveau microscopique). Le niveau symbolique, propre au chimiste, peut être assez opaque aux novices (équation de réaction, formules de composés, coefficients stœchiométriques...). L'élève peut être mis en échec s'il ne distingue pas ces niveaux (Nguetcho et al., 2022). D'une part, Tiberghien et al. (1995) précise que plus un savoir est relié aux différents niveaux de savoir lors de son apprentissage, plus il est durable. D'autre part, de nombreuses études montrent que des difficultés dans l'utilisation de ces niveaux et la circulation entre ces derniers ont des répercussions dans les apprentissages des élèves (Kermen & Méheut, 2009 ; Dehon, 2018 ; Canac, 2020). Etant donné que l'enseignement des sciences dans les lycées est beaucoup plus théorique qu'expérimental, notamment au Cameroun, dans cette communication, nous regardons si la mise en place d'un TP portant sur la saponification et par conséquent le fait que les élèves manipulent, les aide à distinguer l'empirique, le macroscopique, le microscopique et le symbolique qui constituent les bases de l'apprentissage en chimie.

Problématique et question de recherche

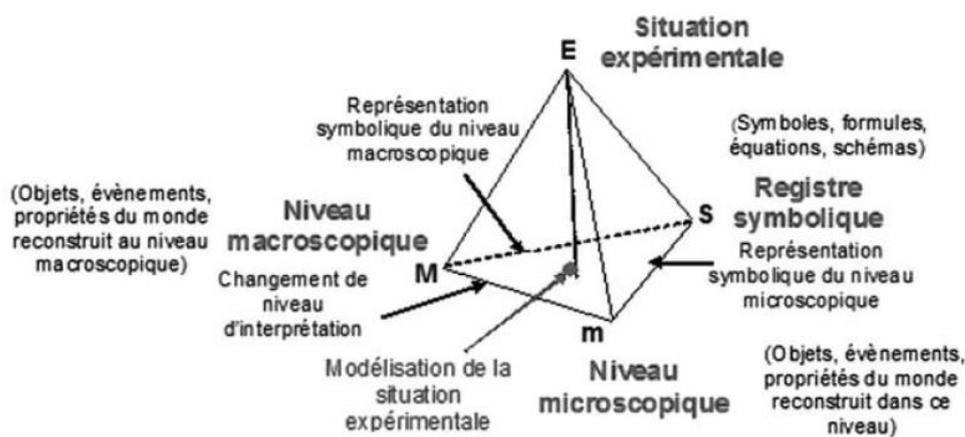
Nous voulons évaluer l'influence d'un dispositif d'expérimentation portant sur la saponification sur la distinction des niveaux de savoir. Nous nous demandons si le fait de manipuler et donc d'être confrontés à des situations expérimentales, permet aux élèves d'enrichir certaines notions en les envisageant dans les différents niveaux de savoir de la chimie (macroscopique, microscopique, empirique et symbolique). Au regard des programmes, il semble difficile pour un élève au Cameroun de mettre ces différents niveaux de savoir en relation puisque le curriculum de chimie ne parle pas des niveaux de savoir de manière explicite. Nous formulons donc la question suivante : les travaux pratiques peuvent-ils aider l'élève à circuler entre les niveaux de savoir ?

L'objectif de ce travail est de mettre en place un dispositif d'expérimentation portant sur la saponification, puis d'évaluer son influence sur la distinction des niveaux de savoir.

Cadre théorique

La théorie des niveaux de savoir

Le cadre théorique utilisé est celui des niveaux de savoir, initialement mis en place par Johnstone (1982) (chemistry triplet avec les niveaux macroscopique, microscopique, symbolique) et ajusté par de nombreux chercheurs (Gilbert & Treagust, 2009 ; Kermen & Méheut, 2009 ; Talanquer, 2011 ; Taber, 2013). Le modèle retenu dans cette étude est celui de Dumon et Mzoughi Khadhraoui (2014), proche de celui de Kermen et Méheut (Figure 2) qui nous permet de relier le vocabulaire relevant de la situation expérimentale à celui des objets et évènements du monde reconstruit, que ce soit au niveau macroscopique ou au niveau microscopique.



Schématisation de la mise en relation du champ empirique avec le monde des théories et modèles en chimie.

Figure 2 : Tétraèdre de Kermen et Méheut (2009) révisé par Dumon et Mzoughi-Khadhraoui (2014)

Lorsque l'élève parle des outils du laboratoire, il se situe au niveau de la situation expérimentale (sommet E). S'il parle du nom des substances chimiques sans formule chimique, il se déplace au niveau macroscopique (vers le sommet M). S'il parle des atomes et des molécules, il va vers le sommet m (au niveau microscopique). S'il utilise les formules chimiques pour visualiser, il est dans le registre symbolique (déplacement vers le sommet S). La première étape de la modélisation macroscopique est de décrire les faits expérimentaux en utilisant le langage de la chimie (arête EM du tétraèdre). La réaction chimique est visualisée par les formules chimiques et des coefficients stœchiométriques (arête SM du tétraèdre). L'arête ES du tétraèdre correspond à la représentation de l'expérience par un dessin. La compréhension de l'équation bilan de la réaction nécessite le passage du niveau symbolique au niveau microscopique (arête Sm du tétraèdre). L'arête (Mm) du tétraèdre représente le changement du niveau d'interprétation de la réaction chimique. L'interprétation quantitative des phénomènes observés nécessite les quantités (masse, volume), ce qui permet de relier la situation expérimentale au monde des théories et des modèles (Tiberghien et al., 1995).

Méthodologie

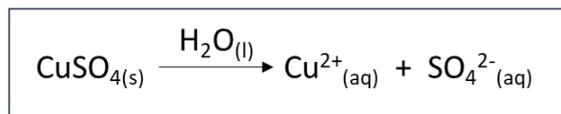
Nous allons baser nos recherches sur une ingénierie didactique (Artigue, 1988). Nous avons réalisé des analyses préalables qui reposent sur les appréhensions des enseignants sur les niveaux de savoir en chimie, l'analyse des programmes de chimie afin de préciser la place que

ces niveaux y occupent. L'analyse préalable intègre quelques difficultés de circulation entre les niveaux de savoir relevées dans la littérature (difficultés liées à l'interprétation d'une réaction chimique et au changement du niveau d'interprétation, difficultés liées à l'écriture d'une équation bilan ...). Puis, nous avons réalisé l'analyse a priori à l'aide d'un pré-test. Ensuite, nous avons mis en place l'expérimentation (TP sur la saponification). Enfin, nous avons réalisé l'analyse a posteriori qui permet de vérifier l'impact du dispositif dans l'apprentissage à l'aide d'un post-test.

Nous avons mis en place des questionnaires pour les élèves des classes de terminales C, D1 et D2 du lycée bilingue de Nkol-Eton de Yaoundé (106 élèves). Ces différents questionnaires portent sur les niveaux de savoir. Les élèves font tous un même pré-test ce qui nous permet de les répartir dans deux groupes homogènes (« expérimental » pour ceux qui suivent le TP et « théorique » pour ceux qui ne le suivent pas). La répartition s'effectue grâce aux performances des élèves. Le test t de student permet de vérifier l'homogénéité des groupes constitués. Les élèves qui participent à l'expérimentation rédigent à la fin du TP un compte rendu guidé. Les élèves de toutes les classes répondent aux questions du post-test quelques semaines après, ce dernier reprend les questions du pré-test complétées par de nouvelles questions. Des grilles d'analyses ont été établies, elles reposent sur les niveaux empirique, macroscopique, microscopique et symbolique employés par les élèves.

Exemple de questions pour les élèves :

Q1 : En vous appuyant sur les documents suivants :



Q1a : Qu'entendez-vous par symbolique ?

Q1b : Donner un exemple d'illustration du symbolique à l'aide des documents ci-dessus.

Q2 : Choisir la (ou les) bonne(s) réponse(s). Ag représente :

- a) un corps pur simple b) un corps pur composé c) un atome d) une molécule e) un mélange f) aucune de ces réponses g) je ne sais pas

Q3 : Nous désirons fabriquer du savon ; après avoir décrit au maximum les réactifs à utiliser, leurs rôles, proposer un protocole de fabrication du savon.

Q1a et b permettent de voir la compréhension des élèves du terme symbolique. Q2 et Q3 s'intéressent au choix des réponses permettant d'identifier un niveau de savoir.

Comme exemple de réponse attendue nous avons pour Q1a : « symbole » « signe » « convention » ; pour Q1b : Cu^{2+} , SO_4^{2-} , CuSO_4 , H_2O , flèche ; pour Q2 : a et c. Pour Q3, quelques réponses attendues : palmitine, soude comme réactifs, palmitate de sodium et glycérol comme produits ; le mélange des réactifs dans les proportions prévues par l'expérimentateur donne naissance au produit ; mélanger la palmitine avec une solution de soude, tourner progressivement le mélange jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène de couleur jaune pâle.

Les élèves peuvent se situer sur les arêtes du tétraèdre de Dumon- Mzoughi-Khadhraoui et utilisent ainsi plusieurs niveaux de savoir dans une même réponse.

Résultats et discussion

Dans les programmes scolaires, nous avons relevé l'absence de spécification des savoirs en termes de niveau, une structuration des savoirs qui laisse croire à un passage brutal de l'expérience, vue souvent théoriquement, à l'équation bilan de la réaction chimique. Ce genre de pratique permet certes d'aborder rapidement de nombreux contenus répondant aux contraintes du programme mais ce passage brutal ne prend en compte ni les constructions personnelles de l'élève ni la modélisation (Dehon & Snauwaert, 2015). En utilisant essentiellement le niveau symbolique, l'élève voit la chimie comme une discipline proche des mathématiques.

Concernant les questionnaires des élèves, nous ne présenterons ici que les quatre questions énoncées dans la méthodologie (Tableau 1). Pour les deux premières questions nous voulons connaître les appréhensions des élèves sur le symbolique.

Questions	Exemples de réponse	Pourcentage de réponses correctes (prétest/post-test)					
		Tle C exp	Tle C théo	Tle D1 exp	Tle D1 théo	Tle D2 exp	Tle D2 théo
Définition du symbolique	Symbole, représentation, convention	62 / 90,5	77 / 77	64 / 78,5	64 / 86	53 / 94	94 / 82
Exemple du symbolique	Cu, équation, symbole de l'atome	62 / 90,5	50 / 91	50 / 93	71,5 / 86	65 / 100	70,5 / 76,5
Critères macro et micro associés à l'argent	Atome, corps pur simple, corps pur composé, molécule.	24 / 47,5	9 / 32	0 / 64	14 / 21,5	6 / 47	0 / 0
Critères macro, micro, symbolique/visualisation et empirique associés à la saponification	(...), on utilise une base forte, un triester pour former un glycérol et un carboxylate.	47,5 / 90,5	50 / 68	78,5 / 86	43 / 64	53 / 94	47 / 76,5

Tableau 1 : Résultats du pré-test et post-test

Pour la troisième question, nous recherchons les critères macroscopique et microscopique associés à l'argent. Nous considérons comme correct le choix des deux bonnes réponses. Les élèves qui font le choix de la réponse « atome » sont dans le microscopique tandis que ceux qui font le choix de la réponse « corps pur simple » sont dans le macroscopique. Ceux qui font à la fois le choix de ces deux dernières réponses sont dans le macroscopique et le microscopique.

Pour la dernière question, nous recherchons les critères empirique, macroscopique, microscopique et symbolique associés au procédé expérimental de saponification. Nous considérons comme réponse correcte l'utilisation d'au moins deux niveaux de savoir. Dans la plupart des cas, nous avons noté l'emploi majoritaire des niveaux macroscopique et empirique.

Les quatre questions du pré-test ont été posées au post-test pour une comparaison des analyses a priori et a posteriori (Tableau 2).

Dans les classes ayant participé à l'expérimentation, nous avons formulé l'hypothèse positive (hypo +) suivante : il y a une évolution significative dans les appréhensions des élèves entre le

pré-test et le post-test lorsque χ calculé $>$ χ seuil avec une augmentation de la proportion de réponse correcte entre le pré-test et le post-test.

Dans les classes théoriques, nous avons formulé l'hypothèse négative (hypo -) suivante : il n'y a pas d'évolution significative dans les appréhensions des élèves entre le pré-test et le post-test lorsque χ calculé $<$ χ seuil ou encore χ calculé $>$ χ seuil avec une baisse de la proportion de réponse correcte entre le pré-test et le post-test (χ seuil = 3,841 au seuil de 5%).

Questions	Question sur le symbolique	Question sur l'exemple associé au symbolique	Question sur les critères (macro-micro) liés à l'argent	Question sur les niveaux de savoir liés à la saponification
Tle C exp	$X^2_{\text{calculé}} = 4,726$	$X^2_{\text{calculé}} = 4,726$	$X^2_{\text{calculé}} = 2,592$	$X^2_{\text{calculé}} = 9,024$
Décision	Hypo + acceptée	Hypo + acceptée	Hypo + refusée.	Hypo + acceptée
Tle C Théo	$X^2_{\text{calculé}} = 0$	$X^2_{\text{calculé}} = 8,842$	$X^2_{\text{calculé}} = 3,492$	$X^2_{\text{calculé}} = 1,504$
Décision	Hypo - acceptée	Hypo - refusée.	Hypo - acceptée	Hypo - acceptée
Tle D1 exp	$X^2_{\text{calculé}} = 0,7$	$X^2_{\text{calculé}} = 6,3$	$X^2_{\text{calculé}} = 13,264$	$X^2_{\text{calculé}} = 0,244$
Décision	Hypo + refusée.	Hypo + acceptée	Hypo + acceptée	Hypo + refusée.
Tle D1 Théo	$X^2_{\text{calculé}} = 1,714$	$X^2_{\text{calculé}} = 0,848$	$X^2_{\text{calculé}} = 0,244$	$X^2_{\text{calculé}} = 1,292$
Décision	Hypo - acceptée	Hypo - acceptée	Hypo - acceptée	Hypo - acceptée
Tle D2 exp	$X^2_{\text{calculé}} = 7,404$	$X^2_{\text{calculé}} = 7,286$	$X^2_{\text{calculé}} = 7,404$	$X^2_{\text{calculé}} = 7,704$
Décision	Hypo + acceptée	Hypo + acceptée	Hypo + acceptée	Hypo + acceptée
Tle D2 Théo	$X^2_{\text{calculé}} = 1,134$	$X^2_{\text{calculé}} = 0,152$	$X^2_{\text{calculé}} = 0$	$X^2_{\text{calculé}} = 3,114$
Décision	Hypo - acceptée	Hypo - acceptée	Hypo - acceptée	Hypo - acceptée

Tableau 2 : comparaison pré-test/post-test (hypo + : hypothèse positive, hypo - : hypothèse négative)

Pour la question qui concerne les appréhensions des élèves sur le symbolique, les hypothèses sont acceptées tant dans les classes expérimentales que dans les classes théoriques (sauf D1 exp). Pour la question qui concerne les exemples de réponses liés au niveau symbolique, les hypothèses sont acceptées dans toutes les classes à l'exception de la classe de terminale C théorique. Ces questions portent sur les appréhensions des élèves concernant le niveau symbolique, elles ne devraient normalement pas poser de souci aux élèves puisque l'enseignant rend compte théoriquement d'un modèle expérimental via l'écriture d'une équation bilan. Ce qui n'est pas le cas puisqu'entre les deux tests nous avons observé des variations de réponses aussi bien dans les classes expérimentales que dans les classes théoriques.

Pour la question qui concerne les critères macroscopique et microscopique associés à l'argent, hormis la classe de terminale C expérimentale, les hypothèses sont acceptées dans toutes les autres classes. Les élèves qui font le choix de la réponse molécule se situent dans le microscopique et voient peut-être Ag comme une juxtaposition d'atomes.

Pour la question qui concerne les niveaux de savoir utilisés par les élèves pour décrire la saponification, hormis la classe de terminale D1 expérimentale, les hypothèses sont acceptées dans toutes les autres classes. On s'intéresse aux critères empirique, macroscopique, microscopique et symbolique associés à la saponification. Nous avons montré que les élèves

qui ont participé à l'expérimentation utilisent au moins deux niveaux de savoir de leur choix ce qui montre qu'ils circulent entre les niveaux de savoir par rapport à ceux des classes théoriques. Ceux qui répondent par des objets du laboratoire sont dans le monde des objets et des événements (niveau empirique), ceux qui parlent des autres niveaux sont dans le monde des théories et des modèles.

Conclusion et perspectives

La comparaison des analyses a priori et a posteriori montre que les élèves ayant participé à l'ingénierie mise en place utilisent davantage les niveaux de savoir par rapport à ceux qui n'ont pas participé : le dispositif d'expérimentation portant sur la saponification semble améliorer la distinction des niveaux de savoir quel que soit le niveau des élèves.

Du point de vue des curricula, nous suggérons aux concepteurs des programmes de spécifier les savoirs en termes de niveaux pour une meilleure prise en compte dans l'apprentissage et ainsi d'en informer-former les enseignants. En effet, certains d'entre eux ne sont pas conscients de l'existence des niveaux de savoir (Molvinger & Nguetcho, 2023).

L'expérience a été menée dans un seul établissement et ne peut pas être généralisée à ce stade. Ce travail nous permet de comprendre certaines difficultés sur les distinctions des niveaux de savoir qui seraient liées à une absence de manipulation en chimie. Il serait également intéressant de regarder si le changement de thématique étudiée donnerait des résultats similaires (autre exemple d'expérience que la saponification) ainsi que de faire ce genre d'étude à d'autres niveaux d'enseignement, par exemple dès le début du collège où la chimie commence à être enseignée. Il serait aussi intéressant de regarder si l'environnement scolaire influence les résultats des apprenants, et vérifier si, par exemple, les élèves français, qui manipulent davantage, sont plus à l'aise avec les niveaux de savoir.

Bibliographie

- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 9, n°3, p. 281-308.
- Canac, S. (2020). Registre symbolique de la chimie 2 /2 : difficultés d'apprentissage. *Culture sciences chimie. Enseignement de la chimie* p. 3-9.
- Dehon, J., & Snauwaert, P. (2015). L'équation de réaction : Une équation à plusieurs inconnues— Étude de productions d'élèves de 16-17 ans (grade 11) en Belgique francophone. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 12, 209-235.
- Dehon, J. (2018). « L'équation chimique, un sujet d'étude pour diagnostiquer les difficultés d'apprentissage de la langue symbolique des chimistes dans l'enseignement secondaire belge, développement d'une séquence de leçons en s'appuyant sur un modèle des niveaux de signification ». Thèse de doctorat, université de Namur, p.84-112.
- Dumon, A. & Mzoughi-Khadhraoui I. (2014). Teaching chemical change modelling to Tunisian students: an « expended chemistry triplet » for analysing teachers' discourse. *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 15, n°1, p. 70-80. <http://dx.doi.org/10.1039/C3RP00126A>.

- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in chemical education. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Dir.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 1-8). Dordrecht: Springer.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and microchemistry. *School Science Review*, 64(227), 377-379.
- Kermen, I., & Méheut, M. (2009). Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(1), 24-34.
- Molvinger-Verger, K. & Nguetcho, E. M. (2023). Le point de vue des enseignants sur la place des niveaux de savoir dans le programme de chimie au Cameroun. *Mediterranean Journal of Education*, 3(1), 50-62.
- Nguetcho, E.M., Molvinger-Verger, K. & Nkeck Bidias, S. (2002). Une contribution pour une meilleure circulation entre les niveaux de savoir via un TP portant sur la saponification. *Mediterranean Journal of Education*, 2(1), 158-169.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Tiberghien, A., Psillos, D., & Koumaras, P. (1995). Physics instruction from epistemological and didactical bases. *Instructional Science*, 22(6), 423-444

Former à l'enseignement des grandeurs et de la mesure en croisant mathématiques et sciences expérimentales : impact sur les formateurs et les futurs professeurs des écoles

Valérie Munier¹, Clément Maisch², Laure Etevez³, Olivier Durand³

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Université de Montpellier

2 : Laboratoire de didactique André Revuz, CY Cergy Paris Université

3 : INSPE Centre Val de Loire, Université d'Orléans

Résumé

L'enseignement des grandeurs et de la mesure relève, à l'école primaire, à la fois des sciences et des mathématiques. Cet enseignement soulève de nombreuses difficultés pour les élèves comme pour les enseignants. Cette communication présente les premiers résultats d'une recherche collaborative exploratoire, associant un formateur en sciences, une formatrice en mathématiques et des chercheurs en didactique des sciences, portant sur une formation interdisciplinaire à l'enseignement des grandeurs et de la mesure adressée à de futurs enseignants de l'école primaire. Les analyses montrent que l'approche interdisciplinaire et le travail collaboratif conduisent à un enrichissement des connaissances didactiques et des pratiques des formateurs. Elles mettent en évidence l'appropriation par les étudiants de certaines des connaissances visées par les formateurs mais aussi leurs difficultés dans l'appropriation des enjeux d'apprentissage liés aux grandeurs et de certaines stratégies didactiques.

Mots-Clés : Formation initiale ; École primaire ; Grandeur ; Mesure ; Connaissances didactiques

Former à l'enseignement des grandeurs et de la mesure en croisant mathématiques et sciences expérimentales : impact sur les formateurs et les futurs professeurs des écoles

Introduction

Les grandeurs et la mesure jouent un rôle fondamental en sciences expérimentales : la mesure des grandeurs, son traitement et son interprétation sont en effet des éléments essentiels de l'activité scientifique et les questions qui s'y rapportent sont à l'interface entre mathématiques et sciences expérimentales. Depuis le début du XX^{ème} siècle, l'enseignement des grandeurs et de la mesure relève, à l'école, des mathématiques et des sciences expérimentales, avec des évolutions notables sur les stratégies d'enseignement préconisées et sur la discipline en charge de cet enseignement (Favrat & Munier, 2007). Actuellement, en France (MENJ, 2020, 2023), l'étude des grandeurs commence au cycle 1 : les élèves doivent classer ou ranger des objets selon des critères de longueur, de masse ou de contenance. À partir du cycle 2, « Grandeurs et mesure » est un des trois grands domaines des programmes de mathématiques. Certaines grandeurs sont introduites en mathématiques puis mobilisées en sciences, d'autres introduites en sciences, et plusieurs apparaissent comme objet d'apprentissage dans les deux disciplines (e.g. masse et volume). La mesure devient un enjeu d'apprentissage à partir du cycle 2 où les élèves doivent apprendre à mesurer les grandeurs étudiées en utilisant le lexique adapté, les unités et les instruments de mesure spécifiques. Les questions relatives à la variabilité et à la reproductibilité de la mesure apparaissent dans les programmes de cycle 3, en sciences uniquement (MENJ, 2023).

De nombreuses recherches en didactique se sont penchées sur l'enseignement et l'apprentissage des grandeurs. Elles montrent des difficultés importantes dans des tâches mettant en jeu la conservation des grandeurs (e.g. Devichi et al., 1997, Passelaigue, 2011), ainsi que dans la dissociation de certaines grandeurs, par exemple masse et volume (Vergnaud et al., 1983) ou force et vitesse (Viennot, 1996). À ces difficultés s'ajoutent celles liées à la mesure, soulignées par Brousseau et al. (1991), et notamment aux incertitudes de mesure (e.g. Buffler et al., 2001, Maisch et al., 2008, Caussarieu & Tiberghien, 2016). De plus la réussite à une activité de mesurage ne suffit pas pour attester de la compréhension des grandeurs considérées : par exemple, Passelaigue (2011) montre que les élèves peuvent être capables de mesurer des masses alors qu'ils ne maîtrisent pas la conservation de cette grandeur lors de diverses transformations (e.g. la déformation ou le fractionnement d'un objet). L'apprentissage des grandeurs et la mesure ne va donc pas de soi et la question de l'évaluation des apprentissages des élèves sur ces notions sont donc fondamentales. Concernant les stratégies préconisées pour l'enseignement des grandeurs et de la mesure, la recherche (e. g. Vergnaud et al. 1983, Douady et al., 1989, Perrin-Glorian, 2002, Passelaigue et al., 2015, Sarama et al., 2011, Szilágyi et al., 2013), comme les programmes, préconisent la progression suivante : introduire les grandeurs via des activités de comparaison directes puis indirectes, avant d'introduire la mesure avec des unités

arbitraires puis les unités conventionnelles⁴. Cependant il apparaît que, même s'ils suivent cette progression pour la longueur, beaucoup d'enseignants ne la reprennent pas pour les autres grandeurs au programme, notamment parce qu'ils ont du mal à en saisir les enjeux (Munier & Passelaigue, 2012). De plus la très grande majorité des tâches proposées par les enseignants ou dans les manuels concernent la mesure (notamment les conversions), au détriment d'activités visant à construire le sens des grandeurs. Des difficultés des enseignants du 1^{er} degré à définir et dissocier les concepts de grandeur et mesure ont également été mises en évidence (Munier & Passelaigue, 2012, Maisch, 2019).

Cette synthèse de la littérature met en évidence des enjeux importants en termes de formation des enseignants du 1^{er} degré sur les questions liées aux grandeurs et à la mesure, dont nous avons pointé qu'elles relèvent à la fois des sciences et des mathématiques.

Problématique

Nous étudions ici le développement et l'impact d'une formation interdisciplinaire de futurs enseignants de l'école primaire qui s'appuie sur ces différents travaux. Cette recherche fait suite à une rencontre entre des formateurs de l'INSPE Centre-Val de Loire (une formatrice en mathématiques, FM, et un formateur en sciences, FS) ayant élaboré une séquence de formation interdisciplinaire à destination d'étudiants en M1 MEEF 1er degré et de chercheurs travaillant sur l'enseignement des grandeurs et de la mesure. Cette rencontre a permis d'initier une recherche collaborative, au sens de Desgagné et al. (2001), encore exploratoire, visant à faire évoluer le scénario initial de formation et à évaluer son impact. Nous en présentons ici les tous premiers résultats. Il s'agira, d'une part, de voir comment l'approche interdisciplinaire et le travail collaboratif conduit à un enrichissement des connaissances et des pratiques des formateurs (QR1), d'autre part d'étudier les premiers effets de cette formation (QR2).

Méthodologie

La formation analysée est structurée en 3 séances de 2h, co-animées par les deux formateurs. Elle vise la construction de connaissances disciplinaires sur les concepts de grandeurs et de mesure et de connaissances didactiques sur les difficultés des élèves et les stratégies d'enseignement des grandeurs, nous reviendrons sur le choix de ces objectifs par les formateurs plus loin. Elle a été menée avec deux groupes d'une vingtaine d'étudiants pour lesquels il s'agit d'une première approche de ces notions.

⁴ Cette progression se retrouve dans les programmes de nombreux pays (e.g. Passelaigue & Munier, 2015).

Séance 1 (2h)	Recueil de conceptions sur les termes grandeur et mesure Mise en situation sur la grandeur « concentration » (inconnue de la majorité des étudiants). Les futurs enseignants sont mis en posture d'élèves au sens de <u>DeBlois</u> et <u>Squalli</u> (2002). Ils doivent réaliser des comparaisons directes et indirectes. Cette mise en situation ne donne pas lieu à l'introduction de la mesure car la suite de la progression (introduction d'unités arbitraires notamment) n'est pas pertinente ici. Apports théoriques sur les concepts de grandeur et de mesure et sur l'ensemble de la progression préconisée en s'appuyant sur l'exemple de la longueur.
Séance 2 (2h)	Travail par groupe pour construire une situation d'apprentissage et une évaluation des élèves, sur la masse ou le volume (grandeurs travaillées en mathématiques et en sciences) en se centrant sur une des étapes de la progression (imposée par les formateurs). Les étudiants doivent cibler le niveau d'enseignement sur la base d'une analyse des programmes. Les formateurs circulent dans les groupes et sont amenés à des apports théoriques concernant les unités arbitraires et la mesure.
Séance 3 (2h)	Présentation et discussion collective des séances de classe élaborées par les étudiants, animée par les deux formateurs.

Tableau 1 : Description succincte de la formation

En ce qui concerne QR1 nous faisons l'hypothèse que les pratiques des formateurs mettent en jeu des connaissances de différentes natures². Nous reprenons le modèle de Demirdöğen et al. (2015) qui proposent une catégorisation³ des connaissances pour former à l'enseignement des sciences et technologies (S&T) intégrant les connaissances didactiques pour enseigner les S&T. Pour étudier l'enrichissement des connaissances et des pratiques des formateurs, nous nous appuyons sur leurs documents de préparation et sur les prises de notes des chercheurs durant les réunions du groupe collaboratif, en ciblant notre étude sur le discours des formateurs concernant les mentions explicites des connaissances didactiques que leurs échanges entre les formateurs des deux disciplines et avec les chercheurs leur ont permis d'identifier. Nous regardons également dans leurs documents de préparation celles qui ont été retenues comme des objectifs de formation pour les étudiants.

Pour étudier l'impact de la formation sur les connaissances didactiques des étudiants (QR2), nous analysons les fiches de préparation élaborées lors de la séance 2, qui devaient inclure une évaluation (productions intermédiaires en milieu de formation), et la transcription de la vidéo de la séance 3. Nous étudions :

- la cohérence entre la consigne donnée en formation et la situation proposée par les étudiants (en cherchant à repérer d'éventuels glissements sur des activités liées à la mesure au détriment du travail sur le sens de la grandeur) et entre la situation proposée et le niveau choisi par les étudiants ;
- les objectifs d'apprentissage identifiés par les étudiants et la cohérence entre ces objectifs et les activités proposées aux élèves.

² Tout en nous gardant bien de postuler un lien direct entre ces connaissances et leurs pratiques.

³ Connaissances sur les apprentissages des étudiants, sur les stratégies d'enseignement (ici par exemple la progression évoquée précédemment pour l'enseignement des grandeurs) et de formation, sur le curriculum de formation et sur l'évaluation des formations.

Résultats :

Concernant QR1, les deux formateurs indiquent, lors des réunions du groupe, que le travail de co-élaboration de cette formation leur a permis d'enrichir leurs connaissances didactiques sur les grandeurs et la mesure : « *en tant que formateurs ça nous a formés, au moins on a fait et on a avancé.* ». FM déclare avoir pris conscience de l'importance des approches perceptives et des manipulations et indique que les échanges avec FS lui ont permis de mieux comprendre les difficultés des élèves sur les grandeurs : « *j'arrivais jamais à bien enseigner ça⁴ et je me suis dit que, en fait, c'était peut-être parce que, à aucun moment on leur fait sentir ce que signifie réellement ces grandeurs là et qu'on les traite de façon purement mathématique, abstraite* ». FS met en avant la découverte de la progression préconisée pour la construction des grandeurs. Les objectifs retenus pour la formation, identifiés à la fois dans les discours et dans les documents de préparation, concernent ainsi la construction de connaissances disciplinaires sur les concepts de grandeur et de mesure et de connaissances didactiques sur les difficultés des élèves et les stratégies d'enseignement des grandeurs et de la mesure : « *faire comprendre les étapes de la démarche d'introduction des grandeurs à l'école primaire, construire des situations de référence pour ces étapes* », et faire comprendre l'importance de manipulations effectives, donnant une place à la perception, pour faciliter la compréhension des grandeurs et d'un travail sur le sens de la grandeur via des activités de comparaison. Sur le plan des pratiques, même si dans cette étude préliminaire, il ne s'agit pas, d'analyser les pratiques des formateurs, on peut considérer comme un enrichissement de celles-ci le fait de proposer un module de 6h alors que le temps dédié au thème Grandeur et mesure était auparavant beaucoup plus réduit en mathématiques, « *limité à des exercices calculatoires orientés concours* » et qu'il n'y avait pas de travail spécifique sur les grandeurs dans la formation en sciences. Le travail avec les chercheurs a en outre conduit à intégrer dans la formation un questionnement sur l'évaluation, qui ne faisait pas partie du scénario initial. Concernant la manière dont les étudiants se sont approprié les connaissances didactiques visées, nous avons analysé les productions de 4 groupes qui devaient proposer une séance portant sur les comparaisons indirectes de volume (G1), de masse (G2), l'introduction d'un étalon pour le volume (G3) et la masse (G4) ainsi que les échanges ayant eu lieu lors de leur présentation. Si tous les groupes proposent des activités élèves mettant en jeu des manipulations, voire des activités perceptives (G2 et G3), la mise en œuvre d'activités correspondant aux différentes étapes de la progression reste problématique dans 3 groupes sur 4. Par exemple pour le groupe 1 les activités de comparaison indirecte⁵ ont le statut d'activités de « *sensibilisation / découverte* » et sont traitées très rapidement avant un passage à la mesure qui occupe l'essentiel de la séance, ce qui laisse supposer que les étudiants n'en ont pas encore saisi les enjeux. Dans le groupe 2, la recherche d'un prétexte à la comparaison indirecte conduit à une situation très artificielle dans laquelle les élèves sont amenés à comparer perceptivement des objets distants de masses très différentes, tâche qui semble peu porteuse en termes d'apprentissages à ce niveau (CE1) et qui correspondrait davantage à une première étape de la progression (donc en décalage avec le niveau choisi).

⁴ Faisant référence ici à son expérience d'enseignante en cycle 4.

Enfin le groupe 3 propose des activités de comparaisons directes qui correspondraient au début de la progression, en cohérence avec le niveau choisi (CP) mais pas avec leurs objectifs ni avec la consigne qui leur avait été donnée. Les échanges lors de la présentation montrent qu'ils n'avaient pas compris la notion d'étalon et ont permis d'approfondir cette notion. Enfin, même si les formateurs avaient explicitement demandé de produire une évaluation, seuls 2 groupes sur 4 en proposent une, en adéquation avec les objectifs effectivement travaillés (groupe 3) mais ne permettant pas d'évaluer la conceptualisation de la masse (groupe 2).

Conclusion et perspectives

Cette première exploration montre le potentiel d'une approche interdisciplinaire et collaborative pour engager les formateurs dans une réflexion sur les enjeux liés à l'enseignement des grandeurs et de la mesure. Les échanges ayant eu lieu entre les formateurs lors de l'élaboration du premier scénario puis au sein du groupe de recherche laissent supposer que ce travail de co-élaboration d'une séquence de formation associant les deux disciplines est un levier potentiel de développement professionnel pour les deux formateurs. Concernant l'impact de la formation sur les étudiants, les premières analyses conjointes du déroulement de la formation et des productions des étudiants à l'issue des deux premières séances de formation ont mis en évidence leur appropriation de certaines des connaissances didactiques visées (importance de la manipulation) mais aussi des difficultés dans l'appropriation des enjeux d'apprentissage liés aux grandeurs et de certaines phases de la progression. Elles ont permis d'identifier collectivement des pistes d'amélioration à explorer dans une nouvelle itération de la formation. Cependant ce travail exploratoire nécessite d'être consolidé et prolongé. En effet les données dont nous disposons à ce stade sont trop partielles, notamment pour pouvoir documenter précisément le développement professionnel des formateurs. En effet il ne s'agissait pas au départ d'initier un groupe de recherche collaborative, celui-ci s'est constitué au fil des échanges entre formateurs et chercheurs et les premières réunions n'ont donc pas été enregistrées (nous ne disposons que de prises de notes). Ce travail va être poursuivi en intégrant de nouveaux formateurs et engagera de nouveaux recueils de données.

Bibliographie

- Brousseau, G. & Brousseau, N. (1991). Le poids d'un récipient, étude des problèmes de mesurage en CM. *Grand N*, 50, p. 65-87.
- Buffler, A., Allie, S. & Lubben, F. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), p. 1137-1156.
- Caussarieu, A. & Tiberghien, A. (2016). When and why are the values of physical quantities expressed with uncertainties? A case study of a physics undergraduate laboratory course. *Journal of Science and Mathematics Education*, 15(6), p. 997- 1015.

5 Qui portent sur les contenances et pas sur les volumes

- Demirdöğen, B., Aydın, S., & Tarkin, A. (2015). Looking at the mirror: A self-study of science teacher educators' PCK for teaching teachers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(2), 189-205.
- Desgagné, S., Bednarz, N., Lebuis, P., Poirier, L. & Couture, C. (2001). L'approche collaborative de recherche en éducation: un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation*, 27(1), 33-64. <https://doi.org/10.7202/000305ar>.
- Devichi, C., Chatillon, J.F. & Baldy, R. (1997). Image globale du résultat et difficulté à sérier des longueurs chez des enfants de 6 à 12 ans. *L'Année psychologique*, 97(4), p. 585-610.
- Douady R. & Perrin-Glorian M. J. (1989). Un processus d'apprentissage du concept d'aire de surface plane, *Educational Studies in Mathematics*, 20, p. 387-424.
- Favrat, J.F. & Munier, V. (2007). Les grandeurs à l'école élémentaire dans les manuels de mathématiques et de physique depuis 1945. Analyse des manuels dans deux disciplines, les mathématiques et la physique, *Repères-IREM*, 68, pp. 51-75.
- Maisch, C., Ney, M. & Balacheff, N. (2008). Quelle est l'influence du contexte sur les raisonnements d'étudiants sur la mesure en physique ?. *Aster*, 47, p. 43-70.
- Maisch C. (2019). Conception about "measurement" and "attribute" of pre-service primary school teachers in France. In 13th conference of the European Science Education Research Association ESERA, Aug 2019, Bologna, Italy.
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse (2023). Annexe – Programme de sciences et technologie du cycle 3. Bulletin officiel n° 25 du 22 juin 2023.
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse (2020). Programme du cycle 2. Bulletin officiel n° 31 du 30 juillet 2020.
- Munier, V. & Passelaigue, D. (2012). Réflexions sur l'articulation entre didactique et épistémologie dans le domaine des grandeurs et mesures dans l'enseignement primaire et secondaire. *Tréma*, 38, p. 106-147.
- Passelaigue D. (2011). Grandeurs et mesures à l'école élémentaire. Thèse de doctorat, Montpellier : université de Montpellier 2.
- Passelaigue, D. et Munier, V. (2015). Schoolteacher Trainees' Difficulties with the Concepts of Attribute and Measurement. *Educational Studies in Mathematics*, 89(3), 307-336.
- Perrin-Glorian, M. J. (2002). Problèmes didactiques liés à l'enseignement des grandeurs. Le cas des aires. Dans Dorier, J. L. et al. Actes de la 11e école d'été de didactique des mathématiques. Grenoble : La Pensée sauvage. p. 299-315.
- Sarama, J., Clements, D.H., Barrett, J., Van Dine, D.W. & McDonel, J.S. (2011). Evaluation of a learning trajectory for length in the early years, *ZDM Mathematics Education*, 43, 667-680, DOI 10.1007/s11858-011-0326-5
- Séré, M.-G. (2008). La mesure dans l'enseignement des sciences physiques. Evolution au cours du temps. *Aster*, 47, p. 25-42.
- Szilágyi, J., Clements, D. H., & Sarama, J. (2013). Young Children's Understandings of Length Measurement: Evaluating a Learning Trajectory. *Journal for Research in Mathematics Education*, 44(3), 581- 620.
- Vergnaud, G., Rouchier, A., Desmoulières, S., Landré, C., Marthe, F., Ricco, G., Samurcay, R., Rogaski, J. & Viala, A. (1983) Une expérience didactique sur le concept de volume en classe de cinquième (12 à 13 ans). *Recherches en didactique des mathématiques*, 4(1),

71-120.

Viennot, L. (1996). Raisonner en physique. Bruxelles-Paris : De Boeck Université.

« Esprit scientifique, esprit critique » : enseignement de « l'esprit critique » en France et représentations des sciences dans les ressources promues.

Gwen Pallares¹

1 : Centre d'Étude et de Recherche sur les Emplois et la Professionnalisation, Université de Reims Champagne-Ardenne

Résumé

L'« esprit critique » est aujourd'hui fortement mis en avant dans les programmes officiels français, et notamment dans les programmes de sciences. Cependant, en France, seuls deux manuels spécifiquement dédiés existent : Esprit Scientifique, Esprit Critique, réalisés par la Main à la Pâte, organisme de promotion des sciences. Cela interroge ainsi les liens entre enseignement des sciences et de « l'esprit critique ». Quelles représentations de l'esprit critique et de la nature des sciences sont mises en avant dans ces manuels ? Nous en présentons une analyse croisée, à la fois au niveau microscopique des activités proposées, et au niveau macroscopique de la structure des manuels et du cadrage qui y est développé. Nos résultats indiquent que « l'esprit critique » y est assimilé à une représentation idéalisée de la nature des sciences. Cela interroge l'enseignement de « l'esprit critique », à la fois du point de vue de la formation des enseignant·e·s, des ressources, et du curriculum.

Mots-Clés : Esprit critique ; Nature des sciences ; Ressources enseignantes ; Manuels.

« Esprit scientifique, esprit critique » : enseignement de « l'esprit critique » en France et représentations des sciences dans les ressources promues

Introduction et questions de recherche

L'expression « esprit critique » est aujourd'hui fortement mise en avant dans les instructions officielles françaises, à travers des occurrences multiples dans le Bulletin officiel, les ressources éducatives à destination des enseignant·e·s, des rapports spécifiquement commandités par le ministère de l'Éducation nationale (CSEN, 2021) et plus récemment dans les nouveaux programmes de sciences du cycle 3 (MEN, 2023). Il apparaît pourtant difficile de fournir une définition précise de ce qui est entendu par le construit normatif « esprit critique » ou « pensée critique » (« critical thinking ») dans les différents textes internationaux qui mobilisent cette notion (Hasni, 2017). L'existence de plusieurs définitions dans le corpus scientifique, parfois contradictoires et souvent peu opératoires dans un but éducatif (Davies & Barnett, 2015), et la multiplicité des représentations de la notion « d'esprit critique » (Lenoir, 2020), notamment chez les enseignant·e·s (de Checchi et al., 2023), interrogent ainsi les éventuelles ressources pédagogiques mises à disposition des enseignant·e·s qui souhaiteraient « enseigner l'esprit critique » de façon ciblée (Barbier, 2022).

Si divers manuels spécifiquement dédiés à l'enseignement de « l'esprit critique » existent dans le monde anglo-saxon (Herman, 2011), avec un consensus relatif quant à l'intérêt de la pratique de l'argumentation (Rapanta & Iordanou, 2023), ces manuels se basent cependant souvent sur une définition implicite du construit normatif « esprit critique », avec des normes relatives au raisonnement posées *a priori* et non questionnées (Herman, op.cit.), et ne précisent pas toujours leurs objectifs didactiques (Schwarz, 2009). En France, où le champ de « l'éducation à l'esprit critique » est moins constitué, on trouve encore peu de manuels ciblant l'enseignement de « l'esprit critique », à l'exception notable des deux manuels *Esprit scientifique, esprit critique*, élaborés par La Main à la Pâte (Farina et al., 2017, 2018), pour les cycles 2 et 3 (ibid., 2017) et le cycle 4 et la seconde (ibid., 2018), qui sont régulièrement promus par les organismes officiels. Au vu de leur titre, suggérant une assimilation entre « esprit scientifique » et « esprit critique », et La Main à la Pâte étant un organisme visant principalement la promotion des sciences expérimentales et des technologies, ces manuels interrogent les liens entre enseignement des sciences et enseignement de « l'esprit critique » dans l'école française. En particulier, il convient d'étudier les représentations à la fois de l'esprit critique et de la nature des sciences (Maurines et al., 2013) qui peuvent être véhiculées dans ces manuels.

Dans l'optique d'une réflexion didactique sur la notion « d'esprit critique » (Pallarès et al., 2023), nous proposons dans cette communication d'étudier les contenus abordés par les deux manuels *Esprit scientifique, Esprit critique*. Nos questions de recherche sont les suivantes : Quelles représentations du construit « esprit critique », et en particulier quelles normes, implicites ou explicites, sont mises en avant dans ces manuels ? En outre, quelle représentation de la nature des sciences est véhiculée dans les différentes activités proposées ?

Méthode

En vue d'apporter des éléments de réponse à ces questions de recherche, une analyse fine des manuels *Esprit scientifique, Esprit critique* est actuellement en cours de réalisation.

Notre analyse se décompose en deux thématiques : d'une part, nous étudions les représentations de « l'esprit critique » présentées dans les deux manuels (Lenoir, 2020, de Checchi et al., 2023), et d'autre part, nous étudions les représentations de la nature des sciences (Maurines et al., 2013) qui sont véhiculées. En vue d'explicitier d'éventuelles normes implicites attribuées à « l'esprit critique » dans les manuels (Herman, 2011), nous articulons l'analyse de ces deux thématiques sur deux niveaux. Au niveau microscopique de l'analyse des activités proposées, nous étudions les connaissances et compétences explicitement ciblées dans les activités et la mise en œuvre qui en est proposée. En particulier, nous cherchons à voir quels contenus sont présentés comme relevant des sciences expérimentales, ou en relèvent selon les programmes, et lesquels sont présentés comme relevant de « l'esprit critique ». Cette analyse nous permettra de mettre en lumière les normes explicitement attribuées au construit « esprit critique » dans le texte. Au niveau macroscopique, nous étudions les implicites éventuellement véhiculés par l'organisation et la structuration des manuels, et notamment les places respectives accordées aux sciences expérimentales et à « l'esprit critique » dans les activités, et les liens opérés entre eux. Par exemple, nous étudions si une activité visant explicitement des contenus scientifiques fait suite à un cadrage ciblé sur « l'esprit critique », ou inversement, ce qui peut véhiculer une assimilation implicite entre sciences expérimentales et « esprit critique ». Nous analysons également le cadrage des activités et les éléments théoriques proposés, à travers une analyse de discours. Nous recensons par exemple le nombre d'occurrences du terme « esprit critique » et les termes qui y sont associés dans les activités et les textes de cadrage au sein des manuels, afin d'étudier à quels champs sémantiques « l'esprit critique » est associé dans les manuels, par exemple s'il est mis en lien avec la « rationalité » ou avec « l'argumentation ». Nous étudions également les thèmes abordés dans les différentes activités, pour étudier si celles-ci relèvent des sciences expérimentales ou d'autres sujets, notamment socioscientifiques, en vue d'étudier le domaine d'application implicitement attribué aux sciences ou à « l'esprit critique » dans les manuels. Nous cherchons à évaluer si une représentation spécifique de « l'esprit critique » et/ou des sciences émerge du croisement entre les objectifs affichés des activités, les éléments de cadrage de ces activités et leur structuration au sein des manuels. Cette analyse macroscopique vise à mettre en évidence les représentations de l'esprit critique et des sciences implicitement véhiculées dans les manuels.

L'analyse croisée que nous effectuons est synthétisée dans le Tableau 1 ci-dessous :

	Analyse microscopique des activités proposées	Analyse macroscopique de la structuration des manuels et du cadrage adopté
Représentations de l'esprit critique	Compétences et connaissances relevant de « l'esprit critique » ciblées explicitement	Organisation et thématiques abordées au sein des blocs dédiés à « l'esprit critique ». Analyse langagière des discours de cadrage (par ex. nb d'occurrences et emploi du terme « esprit critique »)
Représentation des sciences	Compétences et connaissances explicitement mises en avant, déroulement des activités (par ex. présence d'expériences)	Places respectives accordées aux sciences et à l'esprit critique dans les manuels. Liens éventuels opérés entre sciences et « esprit critique » dans les manuels (par ex. thématiques abordées dans les activités)

Tableau 1 : Synthèse des analyses effectuées sur les manuels étudiés

Résultats préliminaires et discussion

L'analyse détaillée de la totalité des deux manuels est en cours, et sera exposée dans la communication orale, mais nous pouvons déjà constater que, dans l'ensemble, la représentation de l'esprit critique dans les deux manuels *Esprit Scientifique*, *Esprit Critique* correspond exclusivement à une conception épistémologique au sens de Lenoir (2020). Relativement à notre première question de recherche, le construit « esprit critique » apparaît ainsi dans ces manuels comme une compétence relevant explicitement des sciences, et ne concernant que des problèmes épistémiques, ce qui peut apparaître contradictoire avec la littérature contemporaine (Lenoir, 2020). Cette conception apparaît de façon particulièrement explicite dans les éléments de cadrage, comme la définition donnée à « l'esprit critique » dans les deux manuels (Farina et al., 2017, p. 24, 2018, p. 12) :

Cultiver l'esprit scientifique dans la vie de tous les jours signifie acquérir des compétences et des outils qui permettent d'aiguiser et de structurer les capacités naturelles d'observation, d'explicitation, de tri des informations, d'argumentation et de résolution de problèmes. Savoir appliquer ces compétences et outils au moment opportun, dans le cadre de la vie de tous les jours, à soi-même ou à des sources d'information, revient à faire preuve d'esprit critique.

De fait, du point de vue macroscopique, les deux manuels sont organisés pour les cycles 2, 3 et 4 en cinq blocs thématiques de « démarche scientifique » mais ne comportant que rarement de référence explicite à des connaissances ou contenus disciplinaires ciblés :

- « Observer » : éléments de « vocabulaire scientifique » général (observation, interprétation, mesure, etc.) ;

- « Expliquer » : notions de corrélation, causalité, hypothèses et modèles en sciences ;
- « Évaluer » : distinction réel/fictif, la fiabilité d'une source, et l'évaluation d'informations type « fake news » ou théories du complot ;
- « Argumenter » : règles d'une discussion, débat socioscientifique, et « arguments fallacieux » (en cycle 4)
- « Inventer » : éléments de démarche technologique (conception, cahier des charges, etc., cycles 2 et 3), ou résolution de problèmes (cycle 4).

On note que les blocs « observer », « expliquer » et « inventer » sont quasiment exclusivement dédiés aux sciences, à la fois au niveau macroscopique, dans leur cadrage, et au niveau microscopique dans les compétences ciblées, mais sans faire toujours référence à des contenus disciplinaires précis. Les occurrences du terme « esprit critique » apparaissent ainsi majoritairement dans les éléments de cadrage, et sont très peu présents dans les différentes activités des cinq blocs, qui apparaissent ciblées sur des éléments de « méthode scientifique » générale. L'enjeu des deux manuels apparaît ainsi de mettre en oeuvre une « démarche scientifique » en-dehors du contexte des sciences expérimentales, ou recontextualisée à la « vie de tous les jours », en vue de développer « l'esprit critique » des élèves. Les blocs « Évaluer » et « Argumenter » ne relèvent pourtant pas uniquement des sciences expérimentales, s'étendant par exemple à des éléments relevant plutôt du champ de l'éducation aux médias et à l'information. L'ancrage disciplinaire des manuels apparaît donc particulièrement ambigu.

Ainsi, du point de vue de la nature des sciences (Maurines et al., 2013), et relativement à notre seconde question de recherche, l'analyse des activités des deux manuels indique que ceux-ci semblent promouvoir, par l'intermédiaire de la notion « d'esprit critique » une vision des sciences expérimentales dont l'objet est « la vie quotidienne », sans contenus disciplinaires précis, particulièrement dans le volume 1 (cycles 2 et 3). La visée des sciences apparaît alors être de « bien penser », la communauté scientifique étant explicitement posée en exemple à suivre pour le reste de la société dans plusieurs textes de cadrage. Ainsi, le cadrage des blocs « Évaluer » et « Argumenter », dont les contenus apparaissent pourtant moins spécifiques aux sciences expérimentales, expose que la « bonne » façon d'argumenter ou d'évaluer des informations « dans la vie quotidienne » est de procéder « comme des scientifiques ». Au vu des thématiques socioscientifiques traitées dans le bloc « Argumenter », ce point peut porter atteinte à un traitement robuste de la complexité des questions socioscientifiques (Morin et al., 2014) La vision des savoirs scientifiques et leur élaboration apparaît de plus très idéalisée, la « méthode scientifique » étant présentée dans les activités analysées comme dans les documents de cadrage comme garante neutre et fiable d'une pensée rigoureuse et sans biais, en dépit des travaux contemporains en épistémologie et sociologie des sciences (voir par exemple Lederman et al., 2002).

Ces premiers résultats tendent à montrer que « l'esprit critique », en tant que construit normatif, est assimilé dans ces manuels à une représentation idéalisée de la nature des sciences, avec un ancrage disciplinaire ambigu au niveau des contenus proposés. Ainsi, dans les manuels, les normes sous-tendant le construit normatif « esprit critique »

apparaissent correspondre aux normes de la pratique scientifique, auxquelles sont adjointes des normes floues de « bonne pensée » générale. Ces normes plus générales peuvent renvoyer à l'étude des « arguments fallacieux », ou l'identification de « fake news » ou de théories du complot sur des sujets d'orientation scientifique (médecine, paléontologie, astronomie). Ces normes de « bonne pensée » larges peuvent parfois apparaître autocontradictaires, étant présentées à la fois comme relevant du domaine des sciences et technologies, devant alors être étudiés avec la démarche afférente, et comme applicables à toutes les situations d'information que pourraient rencontrer les élèves dans leur vie.

En vue de répondre à la nécessité de clarification des attendus et des normes recouvertes par la notion « d'esprit critique » (Pallarès et al., 2023), ce résultat soulève deux pistes de recherche principales, qui restent à explorer dans des travaux ultérieurs.

Tout d'abord, la singularité de ces manuels « d'esprit critique » dans le paysage français met en avant la question de la formation des enseignant·e·s relativement à la notion « d'esprit critique », notamment dans le second degré où les enseignements sont disciplinaires (Hasni, 2017). Cela met également en lumière le besoin d'élaboration de séquences et de ressources utilisables par les enseignant·e·s confronté·e·s aux évolutions des instructions officielles. Ces résultats viennent ainsi confirmer les conclusions de travaux récents ayant souligné l'intérêt d'une étude approfondie des représentations de la notion « d'esprit critique » qu'ont les enseignant·e·s (de Checchi et al., 2023, Barbier, 2022). Par ailleurs, du point de vue de la didactique curriculaire, l'augmentation des références à « l'esprit critique » dans les instructions officielles, notamment dans les programmes de sciences (MEN, 2023), et la promotion de ces manuels par l'institution éducative malgré leurs représentations simplistes des sciences, interrogent les objectifs du curriculum de « l'esprit critique » en voie de développement. En particulier, nos résultats mettent en lumière l'intérêt de questionner les enjeux politiques sous-jacents à un éventuel « curriculum caché » (Barthes & Alpe, 2014) de l'enseignement de « l'esprit critique ».

Bibliographie

- Barbier, C. (2022). Des ressources pour développer l'esprit critique au collège. Quels choix d'usages par les enseignant·e·s de physique-chimie et de sciences de la vie et de la terre ? In Abboud, M. & De Hosson, C. (Eds.) *Actes du colloque « Rendez-vous en didactique : recherches, dialogues et plus si affinités »*. Université Paris-Cité.
- Barthes, A., & Alpe, Y. (2014) Le curriculum caché du développement durable, *Penser l'éducation, Philosophie de l'éducation et histoires des idées pédagogiques*, 36
- CSEN (Conseil scientifique de l'Éducation nationale) (2021). *Éduquer à l'esprit critique. Bases théoriques et indications pratiques pour l'enseignement et la formation*.
- Davies M. & Barnett R. (éd.) (2015). *The Palgrave handbook of critical thinking in higher education*. New York: Palgrave Macmillan.
- de Checchi, K., Barbier, C., & Pallarès, G. (2023). Représentations de l'esprit critique et de son enseignement chez les enseignants en sciences de la vie et de la Terre en formation initiale. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 28, à paraître en 2023.
- Farina, M., Pasquinelli, E., Zimmermann, G. (2017) *Esprit scientifique, esprit critique. Volume 1 - Cycles 2 et 3*. Editions Le Pommier.
- Farina, M., Pasquinelli, E., Zimmermann, G. (2018) *Esprit scientifique, esprit critique*.

Volume 2 - Cycle 4 et seconde. Editions Le Pommier.

- Hasni A. (2017). Réflexions sur le développement de la pensée critique à l'école : quelles orientations pour l'enseignement et l'apprentissage des sciences ? *Bulletin du CREAS* (université de Sherbrooke), n°3, p. 29-37.
- Herman T. (2011). Le courant du Critical Thinking et l'évidence des normes : réflexions pour une analyse critique de l'argumentation. *A contrario*, 6(2), p. 41-62.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Schwartz, R (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learner's Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), p. 497-521.
- Lenoir, Y. (2020). *Pensées disciplinaires et pensée critique : Enjeux de la spécificité et de la transversalité pour l'enseignement et la recherche.* Saint-Lambert, QC : Editions Cursus Universitaire.
- Maurines, L., Gallezot, M., Ramage, M.-J., & Beaufils, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 7
- MEN (Ministère de l'Éducation Nationale) (2023). *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale n°25 du 22 juin 2023.*
- Morin, O., Simonneaux, L., Simonneaux, J., Tytler, R. & Barraza, L. (2014). Developing and Using an S3R Model to Analyze Reasoning in Web-Based Cross-National Exchanges on Sustainability. *Science Education*, 98(3), p. 517-542.
- Pallarès, G., de Checchi, K., Bächtold, M. Quelle didactique pour « l'esprit critique » ? Une approche par les normes de l'argumentation critique sur des questions socioscientifiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 28, à paraître en 2023
- Rapanta C. & Iordanou K. (2023). Argumentation and critical thinking. In R. J. Tierney, F. Rizvi, K. Ercikan (éd.) *International Encyclopedia of Education*, Amsterdam : Elsevier Science, p. 575-587 [4e éd.].
- Schwarz B. B. (2009). Argumentation and Learning. In N. Muller-Mirza & A.-N. Perret-Clermont (éd.), *Argumentation and Education: Theoretical Foundations and Practices*, Berlin : Springer, p. 91-126.

L'enseignement des questions scientifiques aux implications éthiques

Zied Saad¹

1 : Université de Tunis

Résumé

Le présent travail s'intéresse à l'analyse des pratiques enseignantes lors du traitement d'une question scientifique aux implications éthiques, celle de la procréation médicalement assistée (PMA). Il fait partie d'une recherche qui a eu comme objet l'étude de la transmission d'un ensemble d'objectifs et d'orientations générales relatives à l'enseignement scientifique à travers les différents niveaux du système éducatif selon l'approche de transposition curriculaire décrite par Jonnaert (2012, 2015a, 2015b). Selon cette approche ces objectifs et orientations font un cheminement entre trois niveaux : les politiques éducatives et les agendas internationaux ; le domaine de curriculum ; et les pratiques enseignantes. Ce dernier niveau fera l'objet de ce travail. Pour l'étudier, nous nous sommes basées sur l'approche d'Altet (2017) qui considère que dans ce cadre, il y a trois formes de pratiques analysables qui sont les pratiques attendues, déclarées et effectives. Ce travail mettra l'accent sur les pratiques déclarées consistant aux conceptions des enseignants des SVT et les pratiques effectives lors de l'enseignement de la question de PMA.

Mots-Clés : Pratiques enseignantes ; Enseignement scientifique ; Transposition curriculaire ; Conceptions ; Procréation Médicalement Assistée.

L'enseignement des questions scientifiques aux implications éthiques en Tunisie : des conceptions des enseignants aux pratiques en classe

Introduction et problématique

Outre la transmission des savoirs scientifiques, l'enseignement des sciences permet l'inculcation d'un ensemble de valeurs et de compétences transversales aux élèves. Pour les SVT, l'enseignement des questions scientifiques controversées souvent appelées questions socialement vives (QSV) peut constituer un moyen pour atteindre cet objectif (Levinson, 2010 ; Tytler, 2012 ; Simonneaux, 2013, Panissal & Bernard, 2021 ; Hasni & Dumais, 2022). Ce travail constitue la dernière étape d'une étude globale dans laquelle nous avons mis en recherche la place d'un ensemble de valeurs et compétences dans les différentes composantes du système éducatif en nous appuyant sur l'approche de transposition curriculaire proposée par Jonnaert (2015a, 2015b). Selon cette approche, il y a un cheminement des orientations et des objectifs éducatifs entre trois niveaux qui sont : les agendas internationaux et les politiques éducatives ; le domaine du curriculum ; et les pratiques éducatives. Cette section porte exactement sur la prise en considération de quatre enjeux relatifs au traitement des questions scientifiques aux implications éthiques en classe des SVT où il s'agit de préoccupations éthiques, la nature des sciences, les valeurs de la citoyenneté et les compétences visées. Concernant le thème à étudier, notre choix s'est fixé sur la notion de procréation médicalement (PMA) qui constitue un problème complexe flou (Toussaint & Lavergne, 2005 ; Fabre, 2014) puisqu'il renvoie à une multiplicité de champs de références, notamment la dimension éthique. La problématique de ce travail est la suivante : quelle place attribuée aux quatre enjeux éducatifs cités ci-dessus par les pratiques enseignantes lors du traitement des questions scientifiques aux implications éthiques ?

Cadre méthodologique

Afin de répondre à notre problématique nous nous sommes basés sur une méthodologie proposée par Altet (2017) selon laquelle il y a trois formes de pratiques analysables : les pratiques attendues qui sont prescrites par le curriculum, les pratiques déclarées par les enseignants, et les pratiques constatées qui sont des pratiques réellement réalisées et observées en classe. Le présent travail se focalisera sur l'étude des pratiques déclarées et effectives.

Pour ce faire, une exploration (à travers un questionnaire) des attitudes et des conceptions que se font les enseignants des pratiques qu'ils envisagent adéquates à l'enseignement des questions scientifiques aux implications éthiques est indispensable. Le questionnaire proposé renferme 12 questions ouvertes et semi-ouvertes. Le nombre total des participants est de 49 enseignants et enseignantes réparties en deux catégories : 26 enseignants de Terminale Sciences expérimentales et 23 enseignants d'autres niveaux.

Notre objectif consiste à étudier la place de chacun de quatre enjeux dans les pratiques effectives en classe. Pour ce faire, nous avons choisi de :

- Mener une observation des activités réalisées par deux enseignants de Terminale différents.
- Utiliser les réponses avancées par un nombre important d'enseignants sur les différentes questions du questionnaire pour obtenir des explications raisonnées des pratiques éducatives observées en situation réelle.

Nous avons élaboré une grille d'observation inspirée de la méthode d'étude multidimensionnelle proposée par Altet (2017) afin de déterminer l'engagement de chaque enseignant dans la prise en considération des quatre enjeux éducatifs liés à l'enseignement de la PMA. Notre grille est composée de trois domaines renfermant chacun plusieurs composantes.

- **Le domaine relationnel** intéresse les compétences visées par l'enseignement des questions aux implications éthiques. Nous avons cherché si l'enseignant incite ses élèves à exercer une pensée réflexive et critique (l'élément observable : les élèves font des interventions critiques, autocritiques, correctives et correctrices) et si le déroulement de la séquence d'apprentissage connaît des interactions argumentatives, des conflits et des discussions, particulièrement entre les élèves.

- **Le domaine pédagogique-organisationnel** permet de définir dans quelle mesure l'enseignant intègre des activités permettant aux élèves de résoudre des problèmes scientifiques complexes et de développer leurs compétences d'investigation.

Les deux domaines cités ci-dessus intéressent **les compétences visées** où il s'agit essentiellement des compétences discursives et des compétences réflexives et critiques.

- **Le domaine didactique-épistémique** englobe l'ensemble le plus grand des dimensions recherchées. Par l'étude de ce domaine nous avons essayé de déterminer quelle vision des sciences est transmise de l'enseignant à ses élèves : est-ce qu'il prend en considération la nature interdisciplinaire des savoirs enseignés ? évoque-t-il les problèmes éthiques liés à la PMA ? et finalement exploite-t-il l'enseignement de cette notion pour inculquer aux élèves des valeurs de citoyenneté.

Le domaine didactique-épistémique intéresse les trois enjeux restants : **l'intégration des préoccupations éthiques, les valeurs de la citoyenneté et la nature des sciences.**

Résultats

Nous présenterons ci-dessous les principales conclusions dégagées de la grille d'observation tout en montrant les points de recoupement qu'elles se font avec celles fournies par le questionnaire :

- Sur le plan **relationnel**, les deux enseignants n'ont pas adopté une méthode particulière de gestion de la classe. En fait, ils n'ont pas créé un espace d'échanges discursifs et argumentatifs. L'enseignement alors ne s'effectue pas selon l'approche socioconstructiviste d'apprentissage.

- Pour le domaine **pédagogique-organisationnel**, les deux enseignants n'ont pas intégré des activités de résolution de problèmes dans la séquence d'apprentissage. De plus, ils n'ont pas demandé à leurs élèves de s'engager dans des projets de recherche d'informations.

Ces observations confirment les conclusions dégagées du questionnaire. En effet, une grande majorité (80,76%) des enseignants de Terminale ont déclaré qu'ils n'adoptent pas des méthodes particulières de gestion de la classe lors de l'enseignement de PMA. En répondant à la question « Quel problèmes rencontrez-vous lors de l'enseignement de ces questions controversées par rapport aux questions scientifiques classiques ? » les enseignants ont exprimé leur crainte d'aborder les questions scientifiques controversées pour des raisons liées à la prédisposition des élèves et leur aptitude à s'engager dans les discussions, à la pression effectuée par les instructions officielles et à la difficulté de bien gérer des problèmes interdisciplinaires.

- Concernant le domaine **didactique-épistémique** nous pouvons déduire que :

- Pour la **nature de la science**, il y a une absence de toute évocation de la nature interdisciplinaire de la PMA. En réponse à la question « Citez par ordre d'importance (du plus important au moins important) les principales caractéristiques des savoirs enseignés en SVT ? » les enseignants ont mobilisé généralement une conception relativement positiviste et déterministe (Tutiaux-Guillon, 2011) des savoirs scientifiques. En effet, Aucun enseignant n'a évoqué leur nature controversée. La plupart des réponses se sont centrées sur : la précision, la pertinence et la clarté de ces savoirs ; la distinction entre des savoirs théoriques et des savoirs expérimentaux ou entre des savoirs et des savoir-faire.

- L'évocation des **préoccupations éthiques** est totalement absente dans les deux séquences d'apprentissage ce qui confirme aussi les résultats de notre questionnaire. En effet, selon leurs réponses sur la question ouverte « Quelles sont les valeurs morales et éthiques en relation avec les techniques de PMA ? », les enseignants pensent que les problèmes éthiques soulevés par la PMA consistent seulement au risque d'utiliser des gamètes issus des donneurs. Ainsi, ils insistent sur la nécessité de limiter la FIVETE aux couples mariés. L'analyse de leurs réponses nous a permis d'apercevoir une forte influence des croyances religieuses sur leur réflexion éthique. Leurs points de vue concernant l'intégration des préoccupations éthiques sont divergents. Bien qu'il y ait des enseignants qui ne pensent pas à l'importance d'évoquer cette dimension (26,32%), il y a d'autres (73,68%) qui ont proposé d'attribuer une place beaucoup plus importante à l'éthique. Mais, même pour ces derniers, nous avons constaté une dominance des jugements moraux inspirés de leurs croyances religieuses où ils prennent comme repère l'islam en le considérant comme représentant de la morale parfaite. En effet, quelques enseignants, par exemple, croient qu'il faut éliminer le thème de l'évolution biologique des programmes des SVT parce qu'il s'oppose à la morale.

- À propos de **l'éducation à la citoyenneté**, l'observation des pratiques en situation et les conceptions recueillies du questionnaire nous ont montré que les enseignants ne mettent pas l'enseignement scientifique au service de la citoyenneté. En fait, pour 60,41% d'enseignants qui ont répondu par « oui » sur la question « Que pensez-vous de l'existence d'une relation entre l'enseignement scientifique et le développement d'une éducation à la citoyenneté et à la démocratie chez l'élève. Expliquez. » seuls deux parmi eux ont évoqué l'importance des débats dans le traitement de ces questions, et la transmission de valeurs comme la liberté et le respect.

Discussion

À la lumière des résultats obtenus, nous pensons que les pratiques enseignantes dans le contexte tunisien s'inscrivent dans le cadre de ce que Lange (2014) a nommé « éducation faible ». Selon Simonneaux (2013), ce sont les pratiques pédagogiques adoptées par l'enseignant qui font « refroidir » ou « réchauffer » les QSV.

Commençons par les conceptions que les enseignants se font sur la nature de la science, Simonneaux (2013) stipule qu'afin de les réchauffer, les connaissances mobilisées doivent changer de nature, du disciplinaire vers l'interdisciplinaire. Outre l'évocation du caractère interdisciplinaire et multidimensionnel des savoirs enseignés, deux autres leviers sont recommandés (Richard et Bader, 2010 ; Abd-El-Khalick, 2012, 2013, Maurines et *al.*, 2013) pour promouvoir la compréhension de la nature des sciences par l'élève et l'enseignant : l'intégration de l'histoire des sciences lors du traitement des questions scientifiques en présentant donc la science comme *processus* non comme *résultat*, et l'association entre développement scientifique et développement technique. Nous pensons qu'il y a trois causes principales qui sont à l'origine de la posture des enseignants tunisiens à ce propos :

- La nature de leur formation académique qui ne présente la science que selon une vision empiriste positiviste.
- Le système éducatif tunisien qui établit une disjonction totale des connaissances ce qui fait entrave au traitement des problèmes concrets et complexes (Morin, 2005).
- Des curricula et des manuels scolaires qui présentent des savoirs strictement disciplinaires isolés de leur environnement social et du contexte de leur élaboration.

Passons à l'intégration de valeurs de la citoyenneté. Etant donné que les objectifs de la formation de la citoyenneté sont présents dans la loi de réforme de 2002 qui a insisté sur le rôle de l'école dans « la création de la conscience de citoyenneté et le développement du sens civique ». Ces objectifs n'ont pas fait passage aux programmes de SVT dans lesquels les démarches pédagogiques envisagées sont centrées essentiellement sur la réalisation des objectifs de savoir et de savoir-faire. Cette vision résultant de la réforme de 2002 qui a eu lieu sous un régime politique totalitaire s'oppose aux idées considérant l'enseignement scientifique comme levier du développement de la citoyenneté scientifique et même de la citoyenneté politique et de la démocratie (Albe, 2008 ; Levinson, 2010 ; Barko, 2011 ; Simonneaux, 2013). Ce qui est décevant est que la Tunisie postrévolutionnaire n'a pas investi le climat de liberté et de démocratie pour déclencher des véritables réformes permettant à l'école de jouer son rôle citoyen et démocratique.

Les enseignants n'ont montré aucun intérêt à la dimension éthique de la PMA. Dans le contexte tunisien, depuis la loi de réforme de 2002 jusqu'aux pratiques en classe des sciences, les objectifs relatifs à l'enjeu éthique sont totalement absents dans leur forme explicite et très faiblement présents dans leur forme implicite. Selon Simonneaux (2013), pour réchauffer ces questions les valeurs épistémiques comme la validité, la fiabilité et la précision doivent céder la place à la mobilisation de valeurs philosophiques ouvertes aux discussions. C'est le champ

des préoccupations éthiques. Nous pensons que l'absence de l'enjeu éthique dans les niveaux cités ci-dessus a participé à la dominance de la réflexion religieuse qui émerge clairement lors du traitement des questions fortement controversées comme celle de l'évolution biologique. D'ailleurs, plusieurs études antérieures portant sur le rapport des élèves et des enseignants tunisiens à la notion d'évolution biologique (Hraïri & Coquidé, 2002 ; Clément, 2008 ; Kebaïli & Azzouna, 2015) ont mis en exergue la dominance d'une vision créationniste aux dépens de la vision évolutionniste. Nous pensons que les conceptions des enseignants n'expriment qu'une petite part de problèmes plus grands et plus profonds au sujet de leurs rapports aux savoirs, à l'éthique, et à l'épistémologie et l'histoire des sciences.

Dans leurs pratiques déclarées et effectives les enseignants n'ont pas adopté des méthodes particulières de gestion permettant le développement des compétences discursives liées au socioconstructivisme et des compétences critiques. Divers travaux (Hasni, 2017 ; Samuel, 2019 ; Bernard *et al.*, 2021) ont insisté sur le rôle important des activités menées au cours de l'enseignement des sciences dans le développement de ces compétences. Jickling et Wals (2008, 2013) ainsi que Panissal *et al.* (2016) ont souligné que lors du traitement de ce type de question l'enseignant est mis dans une situation de tension entre une posture de neutralité ou de partialité exclusive qui peut être au service d'une « éducation transmissive » et une posture d'impartialité neutre ou engagée qui peut être au service d'une « éducation transformatrice-critique ». Selon Chauvigné et Fabre (2021), en adoptant la première posture l'enseignant risque de se cantonner à l'incitation de « bonnes pratiques » et de délaisser donc les pratiques discursives, réflexives et critiques au profit d'une sorte d'endoctrinement.

Bibliographie

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education : Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. In B. Fraser, K. Tobin & C. McRobbie (Éds), *Second International Handbook of Science Education. Springer International Handbooks of Education*, vol 24 (pp. 1041-1060). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_69
- Abd-El-Khalick, Fouad. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*, Vol 22. DOI :[10.1007/s11191-012-9520-2](https://doi.org/10.1007/s11191-012-9520-2)
- Albe, V. (2008). Pour une éducation aux sciences citoyenne. Une analyse sociale et épistémologique des controverses sur les changements climatiques. *Aster*, n°46. L'éducation à l'environnement ou au développement durable, 45-70. URL : https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_2008_num_46_1_1488
- Altet, M. (2017). L'observation des pratiques enseignantes effectives en classe : Recherche et formation. *Cadernos de Pesquisa*, 47 (166), 1196-1223. <https://doi.org/10.1590/198053144321>
- Barko, T. (2011). Metalogue : Design and Enactment of SSI curriculum : Critical Theory, Difficult Content, and Didactic Transposition. In T.D. Sadler (Ed.), *Socio-Scientific Issues in the Classroom – Teaching, Learning and Research* (pp. 239-243). New York : Springer.
- Bernard, M-C., Fortin, C., Panissal, N., & Pautal, E. (2021). Pensée critique dans l'enseignement des sciences du vivant. In J-M. Boilevin & A. Jameau (dirs.) *Après les 10e rencontres scientifiques... Actualité des recherches en didactique des*

- sciences et des technologies*, (pp. 85-100). Éditions de l'ARDIST. URL : <https://hal.science/hal-03229317/document>
- Chauvigné, C., & Fabre, M. (2021). Questions socialement Vives : Quelles approches Possibles en milieu Scolaire ? *Carrefours de l'éducation*, 52, 15-
31. <https://doi.org/10.3917/cdle.052.0011>
- Clément, P. (2008). Le regain créationniste concerne aussi les enseignants : Une enquête internationale. In M. Coquidé & S. Tirard (dirs.), *L'évolution du vivant : un enseignement à risque ?* (pp. 197-204). Paris : Vuibert Adapt-Snes.
- Fabre, M. (2014). Le flou des questions socialement vives. In M. Fabre, A. Weil-Barais & C. Xypas (dirs.), *Les problèmes complexes flous en éducation. Enjeux et limites pour l'enseignement artistique et scientifique* (pp. 19-35). De Boeck Supérieur.
- Hasni, A. (2017). Réflexions sur le développement de la pensée critique à l'école : quelles orientations pour l'enseignement et l'apprentissage des sciences. *Bulletin n°3 du Centre de Recherche sur l'Enseignement et l'apprentissage des sciences*, 29-37. URL : <https://www.usherbrooke.ca/creas/fileadmin/sites/creas/documents/Publications/Bulletin du CREAS/3/08 CREAS Bulletin3 Hasni.pdf>
- Hasni, A., & Dumais, N. (2022). Arguments mobilisés par des étudiants universitaires lors de la discussion d'une controverse entourant la vaccination contre le papillomavirus. *Questions Vives*, n° 37. URL : <https://journals.openedition.org/questionsvives/6666>
- Hraïri, S. et Coquidé, M. (2002). Attitudes d'élèves tunisiens par rapport à l'évolution biologique. *Aster*, 35, 149-163. URL : https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_2002_num_35_1_1227
- Jickling, B., & Wals, A. E. J. (2008). Globalization and environmental education : looking beyond sustainable development. *Journal of Curriculum Studies*, 40(1), 1–21. DOI : [10.1080/00220270701684667](https://doi.org/10.1080/00220270701684667)
- Jickling, B., & Wals, A. E. J. (2013). Probing Normative Research in Environmental Education. Ideas about Education and Ethics. In R.B. Stevenson, M. Brody, J. Dillon & A. E. J. Wals (Eds.), *International Handbook of Research on Environmental Education* (pp. 74-86). New York : Routledge Publishers.
- Jonnaert, Ph. (2015a). *Indicateurs pour une évaluation globale d'un curriculum. Document 2: Note théorique et indicateurs pour un processus de validation*. Montréal: Chaire UNESCO de Développement curriculaire.
- Jonnaert, Ph. (2015b). *Guide pour l'élaboration d'un programme éducatif dans la perspective de développement de compétences par les apprenantes et les apprenants*. Genève: Bureau International de l'Éducation de l'UNESCO (BIE)/Montréal: Chaire UNESCO de Développement curriculaire.
- Journal Officiel de la République Tunisienne du 30 juillet 2002 (p1735-p1740).
- Kebaïli, S., & Azzouna, A. (2015). Traitement didactique de l'évolution biologique. De l'assujettissement au plaisir du savoir. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 18(1), 53–86. <https://doi.org/10.7202/1033730ar>

- Lange, J.-M. (2014). Curriculum possible de l'Éducation au Développement Durable : entre actions de participation et investigations multiréférentielles d'enjeux. *Éducation relative à l'environnement*, Volume 11, 41-60. URL : <https://doi.org/10.4000/ere.691>
- Levinson, R. (2010): Science Education and Democratic Participation: An Uneasy Congruence? *Studies in Science Education*, 46(1), 69-119. URL : <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03057260903562433>
- Maurines, L., & Gallezot, M., & Ramage, M.-J., & Beaufils, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *RDST*. URL : <https://doi.org/10.4000/rdst.674>
- Morin, E. (2005). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : Éditions du Seuil.
- Panissal, N., Jeziorski, A., & Legardez, A. (2016). Une étude des postures enseignantes adoptées lors des débats sur des questions socialement vives (QSV) liées aux technologies de la convergence (NBIC) menés avec des élèves de collège. *DIRE - Diversités recherches et terrains*. URL : <https://doi.org/10.25965/dire.786>
- Panissal, N., & Bernard, M.-C. (2021). La formation de la pensée critique revisitée par l'approche historico-culturelle. *Revue Internationale Du CRIRES : Innover Dans La Tradition De Vygotsky*, 5(1). DOI : [10.51657/ric.v5i1.41067](https://doi.org/10.51657/ric.v5i1.41067)
- Programmes de sciences de la vie et de la Terre, septembre 2009.
- Richard, V., & Bader, B. (2010). Re-presenting the social construction of sciences in light of the propositions of Bruno Latour : For a renewal of the school conception of science in secondary schools. *Science Education*, 94(4), 743-759.
- Samuel, D.F. (2019). Critical Thinking in Science and Technology. In S. Robinson & V. Knight (dirs.), *Handbook of Research on Critical Thinking and Teacher Education Pedagogy* (pp. 177-193). IGI Global. DOI : [10.4018/978-1-5225-7829-1.ch010](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7829-1.ch010)
- Simonneaux, L. (2013). Questions socialement vives and socioscientific issues: New trends of research to meet the training needs of post-modern society. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Éds.), *Proceedings of the 9th ESERA Conference Selected Contributions. Topics and trends in current science education* (pp. 37-54). Dordrecht: Springer.
- Toussaint, R., & Lavergne, M.H. (2005). Problèmes complexes flous en environnement et pensée réflexive d'élèves du secondaire. *ASTER Recherches en didactique des sciences expérimentales*, no 40, 39-66.
- Tutiaux-Guillon, N. (2011). Le développement durable en France. Suffit-il de prescrire une question vive pour qu'elle existe à l'école ? Dans A. Legardez et L. Simonneaux (dir.), *Développement durable et autres questions d'actualité. Questions socialement vives dans l'enseignement et la formation*. (p. 215-228). Dijon : Educagri Editions.
- Tytler, R. (2012). Socio-Scientific Issues, Sustainability and Science Education. *Research in Science Education*, 42, 1, 155-163.

Construire un questionnement scientifique à l'école élémentaire. Une analyse sous l'angle des dynamiques intentionnelles

Muriel Blat¹

¹Centre de Recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique – Université de Brest

Résumé

Cette étude exploratoire vise à mieux comprendre le rôle des intentions dans l'organisation de l'activité de questionnement en situation d'enseignement-apprentissage des sciences fondé sur l'investigation. Trois strates d'intentions sont considérées pour nous permettre de reconstruire et d'analyser les dynamiques intentionnelles relatives au questionnement scientifique à l'école élémentaire française. La mise en perspective de six études de cas portant sur des enseignants expérimentés fait apparaître l'abandon presque systématique de l'axe conceptuel du questionnement. Cet abandon involontaire semble corrélé à des phénomènes de fiction d'identité entre les savoirs à enseigner et les savoirs effectivement enseignés. La reconstruction du contenu des intentions et l'analyse de leur dynamique pourrait présenter un intérêt pour l'élaboration ou l'évaluation de programmes de développement professionnel dans l'enseignement des sciences.

Mots-Clés: connaissances conceptuelles, dynamiques intentionnelles, école élémentaire, investigation scientifique, questionnement scientifique

Construire un questionnement scientifique à l'école élémentaire

Une analyse sous l'angle des dynamiques intentionnelles

Introduction

La littérature de recherche souligne la place centrale du questionnement dans un enseignement-apprentissage des sciences fondé sur l'investigation (EASFI) car il facilite la construction de connaissances conceptuelles (Ronfart et al., 2018). Le rôle de l'enseignant y est reconnu comme essentiel car les questions qu'il pose aux élèves peuvent leur permettre d'approfondir leur raisonnement, ce qu'ils ne sont pas en mesure de faire seuls à l'école primaire (Gillies et al., 2014). Afin de mieux comprendre le rôle de l'enseignant dans cette construction du questionnement, différentes recherches se focalisent sur des typologies de questions (Rahayu et al., 2019). Cependant, selon Oliveira (2010), ces typologies ne parviennent pas à rendre compte de l'expertise interactionnelle nécessaire au développement de la pensée des élèves sur des contenus conceptuels.

Cette étude se fonde sur le présupposé que les intentions d'un enseignant constituent un organisateur majeur de son activité (Vinatier et Pastré, 2007). Elle se donne pour objectif de mieux comprendre le rôle des intentions dans l'organisation de l'activité de questionnement en situation d'EASFI.

Cadre d'analyse

Nous mobilisons le modèle InDIS (Blat, 2022) construit à partir d'un modèle dynamique de l'intention (Portugais, 1998), afin d'unifier les contraintes cognitives, situationnelles et institutionnelles au sein d'une même perspective théorique. Trois strates d'intentions sont alors prises en compte :

- l'*Intentio* correspond aux intentions des prescripteurs,
- l'Intentionnalité, contrainte par l'*Intentio*, correspond à l'ensemble des intentions de l'enseignant en amont de la classe (I1, I2, I3...),
- les intentions didactiques résultent d'une actualisation de certaines Intentionnalités en réponse aux indices pris en compte par l'enseignant pour agir en situation. Les indices correspondent à toute réponse d'élève, verbale ou non (Jameau, 2012).

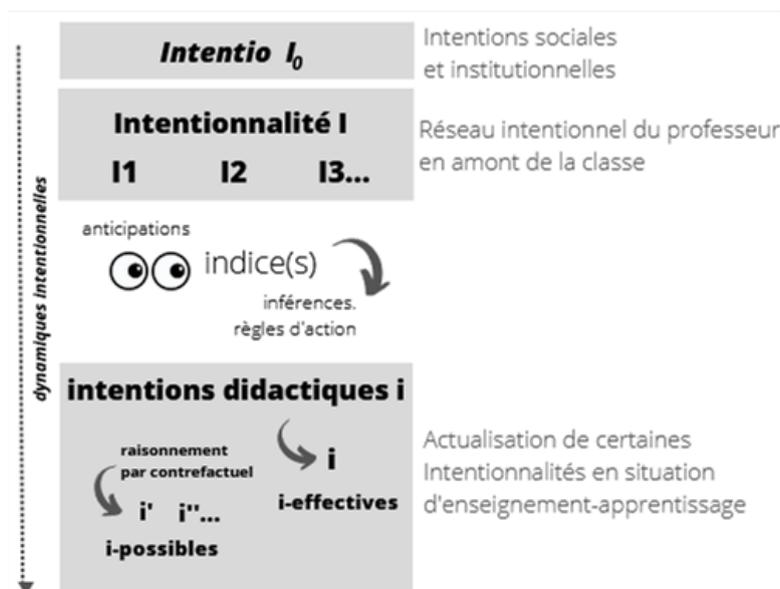


Figure 1 : modèle InDIS (Blat, 2022)

Afin de mieux comprendre l'organisation de l'activité enseignante lors de l'actualisation d'une Intentionnalité en intention didactique, nous intégrons les composantes du schème de Vergnaud (1994) dans ce modèle. Ainsi, les anticipations facilitent la prise d'indices en situation de classe. Le rapprochement de ces indices avec les informations dont dispose déjà l'enseignant (sur les élèves, leurs difficultés...) - ou inférences - va amener ce dernier à agir selon des règles d'action cohérentes avec ce qu'il juge vrai ou pertinent pour agir en situation de classe. En outre, l'espace des intentions didactiques est abordé comme un espace des possibles. Il comprend donc des intentions effectives (ce que l'enseignant fait ou dit) et des intentions possibles (ce qu'il aurait pu faire ou pourrait faire ailleurs). Ce modèle cherche ainsi à décrire l'activité réelle (au sens de Clot, 1999). Précisons pour terminer que chaque intention du système (I_0 , I , i) est caractérisée par son objet (O : ce qui est visé), des modes psychologiques (M : ce que le sujet considère vrai ou pertinent pour satisfaire l'objet de son intention) et des conditions de satisfaction (C : ce qui permet au sujet de conclure une action).

Afin de mieux comprendre le rôle des intentions dans l'organisation de l'activité enseignante, nous nous demandons alors selon quelles dynamiques intentionnelles s'organise l'activité de questionnement de professeurs des écoles expérimentés en situation d'EASFI ?

Méthodologie

Contexte

L'étude porte sur six enseignants français expérimentés du primaire qui déclarent encourager l'investigation scientifique des élèves. Nous analysons leur activité en situation ordinaire d'EASFI (au sens de Leutenegger, 2000), et plus précisément lors de la première séance d'une séquence, moment privilégié de la construction du questionnement scientifique. Certains ont suivi une formation initiale scientifique, d'autres non (Tableau 1). Deux sont professeurs des écoles maitres formateurs (PEMF), trois autres ont bénéficié d'au moins une session de trois jours de formation académique sur l'enseignement des sciences au cours des cinq dernières années.

Enseignant (classe) Formation initiale – distinction spécifique Formations académiques suivies au cours des 5 dernières années	Thème abordé Titre de la séance
Enseignant K. (CE1 : 6-8 ans) Formation initiale scientifique - PEMF 0 formation à l'enseignement des sciences (ES)	Questionner le monde de la matière (cycle2) : changements d'états de l'eau <i>La course au glaçon</i>
Enseignant P. (CM2 : 9-12 ans) Formation initiale scientifique 4 formations à l'ES	Thème 1 : la matière (cycle 3) <i>Propriétés de la matière</i>
Enseignant L. (CP-CE1-CE2 : 6-9 ans) Formation initiale non scientifique 1 formation à l'ES	Questionner le monde de la matière (cycle2) : <i>Propriétés des solides et des liquides</i>
Enseignant E. (CM2 : 9-12 ans) Formation initiale non scientifique 0 formation à l'ES	Thème 1 : la matière (cycle 3) <i>Etats de l'eau dans la nature</i>
Enseignant M. (CM2 : 9-12 ans) Formation initiale non scientifique - PEMF 0 formation à l'ES	Thème 3 : objets techniques (cycle 3) <i>Le principe du levier</i>
Enseignant S. (CP : 6-7 ans) Formation initiale non scientifique comportant des options scientifiques 1 formation à l'ES	Questionner le monde de la matière (cycle2) <i>La matérialité de l'air</i>

Tableau 1 : Présentation du panel

Recueil et traitement des données

Une analyse de contenu des programmes d'enseignement de l'école élémentaire (Bardin, 2009) permet de reconstruire l'*Intention* relative à l'élaboration d'un questionnement scientifique. Des entretiens semi-directif, menés avant les mises en œuvre, servent de support à la reconstruction des Intentionnalités. L'analyse des séances permet ensuite d'identifier les écarts entre ce qui était prévu et ce qui se réalise, ainsi que les règles d'actions mobilisées par chacun en situation. Des entretiens de type auto-confrontation explicitante (Cahour et al., 2018) confrontent ensuite chaque enseignant à sa propre activité afin de mettre au jour ses intentions didactiques. Une mise en perspective des différentes strates d'intentions permet de retracer les dynamiques de différentes catégories d'intentions. Nous présentons ici celles relatives à la construction du questionnement scientifique.

Résultats

De l'Intention

L'analyse des contenus des programmes (MEN, 2020), menée selon les caractéristiques des intentions (O ; M ; C) met au jour une ambiguïté de l'*Intention* (Tableau 2). En effet, elle fait apparaître l'emploi synonymique des termes interroger et questionner, or, si nous distinguons le sens de ces deux termes, deux interprétations de l'*Intention* deviennent possibles. La première consiste à entendre le questionnement dans le sens de ce qui génère une recherche pour faire progresser la pensée des élèves sur des concepts à construire, ce que Chin (2007) qualifie de questionnement productif. La seconde interprétation consiste à appréhender le questionnement

comme un moyen d’apporter des réponses précises à des questions précises en faisant appel à la mémoire plutôt qu’à un processus de recherche (comme lors d’un interrogatoire, précise Chiflet, 2021). Les prescripteurs insistent d’ailleurs sur l’importance de la mémorisation.

O	Apprendre progressivement des concepts simples.
M	Il est pertinent de questionner/d’interroger le monde. Il est pertinent d’observer, d’expérimenter, de mémoriser.
C	Formuler/répondre à des questions, construire des compétences. Développer [...] la mémorisation et le goût d’apprendre.

Tableau 2 : *Intentio* relative au questionnement

Regardons comment les enseignants s’emparent de cette ambiguïté des prescriptions.

Des Intentionnalités

Tous les enseignants de notre panel mentionnent leur projet de « questionner les élèves ». Ce qui, dans l’*Intentio*, était un moyen jugé pertinent pour « apprendre des concepts simples » est donc devenu l’objet d’une Intentionnalité commune à ces enseignants (I_Q). Pour satisfaire cette Intentionnalité, E. juge pertinent de mettre au jour les connaissances préalables des élèves pour faire émerger des questions précises (interrogations) qu’il tâche d’anticiper (Tableau 4). Les 5 autres enseignants jugent pertinent de confronter les élèves à des obstacles conceptuels pour faire émerger des questions (questionnement) dont la résolution permettra de surmonter ces obstacles. Nous retrouvons donc dans notre panel les deux interprétations possibles de l’*Intentio*, avec une plus forte tendance à percevoir le questionnement comme un moyen de faire progresser la pensée des élèves (5 enseignants sur 6). Les Tableaux 3 et 4 illustrent nos reconstructions des modes psychologiques et des conditions de satisfaction de I_Q .

Reconstruction du chercheur	M : Il est pertinent de faire appel aux connaissances antérieures pour soulever des questions.	M : Il est pertinent de confronter les élèves à un obstacle intellectuel afin de susciter des questions. Il est pertinent d'écouter attentivement ce que les élèves ont à dire (trouver des indices).
Extraits d'entretiens	<p>Enseignant E. : demander aux élèves "Où se trouve l'eau dans la nature et sous quelles formes ?"</p> <p>(Aucun obstacle conceptuel n'est explicitement mentionné relativement au concept de changement d'état physique de l'eau).</p>	<p>Enseignant K. : Demander aux élèves d'apporter et de placer un glaçon dans un endroit où il fondra le plus rapidement possible. (*K. anticipe une confusion entre les concepts de chaleur et de température).</p> <p>Enseignant P. : Demander aux élèves d'élaborer un protocole expérimental pour caractériser certaines propriétés physiques de différents matériaux. (*P. anticipe une difficulté à se représenter ce qu'est une propriété de la matière "en général").</p> <p>Enseignant L. : Demander aux élèves de comparer différents matériaux pour mettre en évidence certaines des propriétés associées aux états solide et liquide de la matière. (*L. anticipe une difficulté à distinguer clairement les propriétés des liquides et des solides, à cause du comportement des poudres).</p> <p>Enseignant M. : Demander aux élèves d'imaginer un dispositif pour déplacer le caillou qui empêche Ulysse de sortir de la grotte (en se référant à des travaux antérieurs en littérature). (*M. anticipe une difficulté de compréhension du principe de levier).</p> <p>Enseignant S. : Demander aux élèves de proposer des expériences simples démontrant l'existence de l'air. (*S. anticipe une difficulté à considérer l'air comme de la matière).</p> <p>(*des obstacles conceptuels sont mentionnés)</p>

Tableau 3 : Reconstruction des modes psychologiques M de I_Q

Reconstruction du chercheur	C : Parmi les questions qui émergent, il y a celles qui sont attendues.	C : Des questions ou erreurs (indices) qui pourraient être discutées pour apprendre, émergent lorsque les élèves enquêtent.
Extraits d'entretiens	<p>Enseignant E. : "Et puis, à la suite de cet échange, <u>pffuit</u>, des questions vont émerger, enfin j'espère, par exemple : à quelle température l'eau peut-elle passer à l'état solide ? Le volume de liquide est-il égal au volume de solide ? Et d'autres questions de ce genre"</p>	<p>Enseignant K. : "Les questions nous amèneront à relier le phénomène de la fonte des glaçons à la notion de température. Je ne sais pas ce que les élèves vont dire mais j'aimerais qu'ils arrivent à faire la différence entre la chaleur et la température." Enseignant P. : "Ce que je voudrais, c'est que les élèves comprennent plus que ce qu'est l'élasticité ou la densité, qu'ils comprennent le concept des propriétés de la matière, d'une manière générale". Enseignant L. : "Les questions posées vont permettre de caractériser les propriétés de la matière à l'état solide et à l'état liquide. Par exemple, les liquides mouillent et on ne peut pas les transporter avec les doigts. Les liquides prennent la forme du récipient dans lequel ils se trouvent et leur surface est horizontale." Enseignant M. : "Les questions qui seront posées devraient permettre aux élèves de comprendre petit à petit le principe du levier. Mais je ne sais pas exactement comment cela va fonctionner, on verra." Enseignant S. : " Les questions qui seront posées permettront aux élèves de construire le concept d'air. Je veux qu'ils comprennent que le vent, c'est de l'air qui bouge, et que l'air est partout."</p>

Tableau 4 : Reconstruction des conditions de satisfaction C de IQ

Par soucis de place, nous présentons directement les dynamiques intentionnelles observées sans décrire le détail des reconstructions des intentions didactiques.

Des dynamiques intentionnelles

Les différentes dynamiques intentionnelles du questionnement reconstruites au travers de cette étude (figure 2) montrent que :

1/ Un seul enseignant (E.) conçoit l'apprentissage conceptuel comme une accumulation de savoirs déclaratifs. Bien qu'il perçoive chez les élèves des difficultés à identifier l'état gazeux de l'eau, il ne s'appuie pas sur ces indices pour orienter leur questionnement. Il s'en tient aux questions qu'il avait anticipées, auxquelles il peut « apporter facilement des réponses » mémorisables (« l'eau bout à 100° », « le volume de glace est supérieur au volume d'eau »).

2/ Parmi les enseignants qui conçoivent l'apprentissage conceptuel comme le dépassement d'un obstacle cognitif, trois actualisent leur Intentionnalité de faire construire un questionnement en intention didactique de répondre à des interrogations (P., L., S.). Autrement dit, ils basculent d'un positionnement épistémologique centré sur les élèves (repérage d'indices pertinents pour mettre au travail les concepts visés) à un positionnement épistémologique centré sur l'enseignant (recours à ce que Morge, 2016, nomme des arguments d'autorités, pour transmettre le savoir visé). Les entretiens post révèlent que les enseignants ne perçoivent pas ce changement de positionnement épistémologique, ni ses effets potentiellement négatifs sur les apprentissages des élèves (cf. Jonnaert, 2002 ; Oliveira, 2010).

3/ Deux enseignants actualisent leur Intentionnalité de faire construire un questionnement en intention didactique de faire construire un questionnement (K., M.). Toutefois, seul M. parvient à faire construire un questionnement en lien avec le concept visé (« Est-ce que la place du pivot a une importance dans un système de levier ? »). Par des questions de clarification et la mise à disposition de matériel propice à la modélisation, M. amène ses élèves à explorer le principe du levier pour répondre à ce questionnement. K. mobilise des règles d'action semblables à celles de M. et se déclare satisfaite par l'émergence d'un questionnement (« est-ce qu'un glaçon fabriqué avec de l'eau chaude fond plus vite qu'un glaçon fabriqué avec de l'eau froide ? »). L'enseignante n'y reviendra cependant pas dans la suite de la séquence car il a trait aux propriétés de la matière (l'eau chaude aurait-elle des propriétés différentes de l'eau froide ?) et ne lui permet pas de mettre explicitement en relation les concepts de chaleur et de température pour faire construire le concept de changement d'état. C'est cela que visait K. et c'est à cela qu'elle va revenir en début de séance suivante. Ce faisant, elle « recentre les élèves » en recourant elle aussi à des arguments d'autorité qui favorisent la transmission de savoirs déclaratifs.

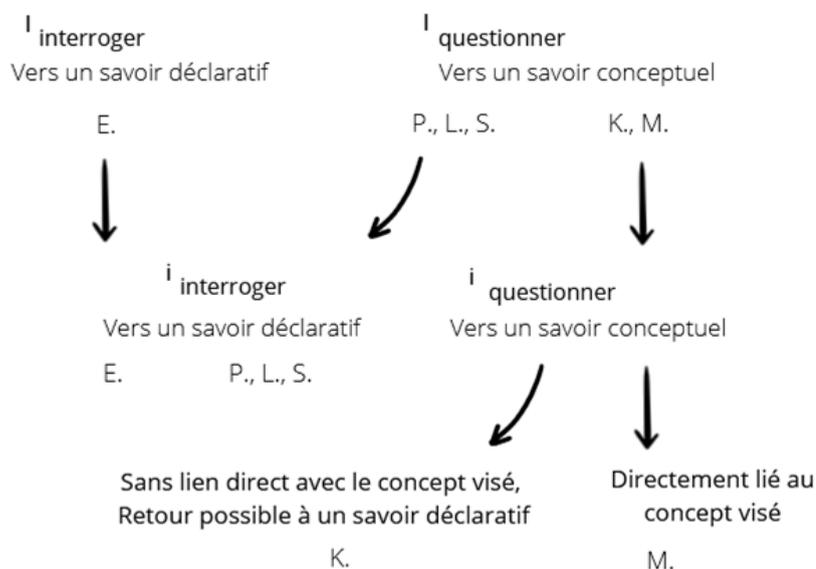


Figure 2 : Reconstructions des dynamiques intentionnelles

Nous constatons pour terminer, que ces dynamiques intentionnelles ne semblent pas directement corrélées au degré de maîtrise disciplinaire des enseignants ni à la durée des formations à l'enseignement scientifique reçues puisque M. est issu d'une formation initiale littéraire et n'a suivi aucune formation à l'enseignement des sciences alors que P. est titulaire d'une licence scientifique et a bénéficié de 4 formations académiques à l'enseignement des sciences ces cinq dernières années (cf. Tableau 1).

Discussion conclusive

Notons tout d'abord que ces résultats ne concernent qu'un nombre limité d'études de cas. De plus, le seul enseignant qui parvient à faire construire un questionnement productif en lien avec le concept visé (M.) est le seul dont la séance ne porte pas sur le thème de la matière. La réussite dans la construction du questionnement dépend donc peut-être des concepts en jeu. Soulignons enfin que nos analyses portent uniquement sur la première séance de différentes séquences, mais nous ne pouvons pas exclure que les leçons suivantes contribuent à préciser le questionnement pour le rendre productif. Pour pallier ces limites, il serait souhaitable d'observer des séquences

d'enseignement complètes, portant sur différents concepts, avec un panel plus large d'enseignants.

Bien que nos résultats ne soient pas généralisables à un contexte universel, ils font toutefois écho à des résultats déjà connus : 1/ des ambiguïtés dans les prescriptions peuvent être à l'origine de différentes interprétations relatives au questionnement de la part des enseignants (Foster et al., 2019 ; Wiyanto et al., 2019) ; 2/ les enseignants rencontrent des difficultés pour faire construire un questionnement productif aux élèves (p.ex. Kawalkar et Vijapurkar, 2013). En outre, et au-delà de mettre au jour des faits individuels situés qui relèvent de la personne, ces résultats mettent au jour des dynamiques interpersonnelles révélant l'abandon presque systématique de l'axe conceptuel dans les interactions, alors qu'il est identifié comme essentiel dans les recherches sur le questionnement (Gillies et al., 2014 ; Rahayu et al., 2019). Nous montrons de plus que cet abandon semble davantage corrélé à un changement de positionnement épistémologique (ni volontaire, ni perçu par les enseignants eux-mêmes) qu'à un déficit de savoirs disciplinaires. Selon nous, ces enseignants se trouvent prisonniers d'un phénomène de fiction d'identité (Chevallard, 1985) entre les savoirs à enseigner (conceptuels) et les savoirs qu'ils font vivre dans leur classe (déclaratifs). Considérer les résultats de cette étude comme des hypothèses fondées (Glaser et Strauss, 1967) pourrait contribuer à relever le défi de l'élaboration de Programmes de Développement Professionnel centrés sur les pratiques de classe comme y encouragent Venturini et Boilevin (2021). La caractérisation du contenu des intentions et la reconstruction d'intentions didactiques possibles, alignées sur les contenus des Intentionnalités, pourrait en effet amener les enseignants à mieux comprendre l'organisation de leur activité et à la reconceptualiser pour pouvoir transformer ce qu'ils jugent utile de transformer.

Bibliographie

- Bardin, L. (2009). *L'Analyse de contenu*. Presses universitaires de France.
- Blat, M. (2022). *Étude didactique des dynamiques intentionnelles de professeurs des écoles expérimentés. Cas de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation*. [Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France]. HAL. <https://www.theses.fr/s230426>
- Cahour, B., Licoppe, C., et Créno, L. (2018). Articulation fine des données vidéo et des entretiens d'auto-confrontation explicite : Étude de cas d'interactions en covoiturage. *Le travail humain*, 81(4), 269-305. <https://doi.org/10.3917/th.814.0269>
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage. <http://edug.info/xmlui/handle/11515/5615>
- Chiflet, J. L. (2021, 11 août). *Interrogation ou questionnement : lequel choisir ?* [Audio podcast episode] dans Langue française. Le Figaro. <https://www.lefigaro.fr/langue-francaise/interrogation-ou-questionnement-lequel-choisir-20210811>
- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 815–843. <https://doi.org/10.1002/tea.20171>
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Presses universitaires de France.
- Forster, C., Penny, J. et Shalofsky, R. (2019). Questioning the role of questions: New primary teachers' realisations of over-reliance on questions in scientific dialogue. *PRACTICE*, 1(2), 173–185. <https://doi.org/10.1080/25783858.2019.1659637>

- Gillies, R. M., Nichols, K., Burgh, G. et Haynes, M. (2014). Primary students' scientific reasoning and discourse during cooperative inquiry-based science activities. *International Journal of Educational Research*, 63, 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2013.01.001>
- Glaser, B. G. et Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine de Gruyter. <https://doi.org/10.4324/9780203793206>
- Jameau, A. (2012). *Les connaissances mobilisées par les enseignants dans l'enseignement des sciences : analyse de l'organisation de l'activité et de ses évolutions* [Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale]. Thèses.fr. <https://www.theses.fr/2012BRES0036>
- Jonnaert, P. (2002). Recherches collaboratives et socioconstructivisme. Dans P. Venturini, C. Amade-Escot et A. Terrisse (dirs.), *Études des pratiques effectives : l'approche des didactiques* (p. 175-196). La Pensée sauvage.
- Kawalkar, A. et Vijapurkar, J. (2013). Scaffolding Science Talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2004–2027. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.604684>
- Leutenegger, F. (2000). Construction d'une clinique pour le didactique. Une étude des phénomènes temporels de l'enseignement. *Recherches en didactiques des mathématiques*, 20(2), 209-250. <http://archive-ouverte.unige.ch>
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN). (2020, 30 juillet). Programme d'enseignement pour le primaire et le secondaire. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, n°31, Paris. https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?pid_bo=39771
- Morge, L. (2016). Les difficultés des enseignants à gérer les phases de conclusion au cours d'une investigation. Dans C. Marlot et L. Morge (dir.), *L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire* (p. 134–149). Presses Universitaires de Rennes.
- Oliveira, A. W. (2010). Improving teacher questioning in science inquiry discussions through professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 422–453. <https://doi.org/10.1002/tea.20345>
- Portugais, J. (1998). Esquisse d'un modèle des intentions didactiques. Dans J. Brun, F. Conne, R. Floris et M.-L. Schubauer-Leoni (dirs.), *Interactions didactiques, Méthodes d'étude du travail de l'enseignant* (p. 57-88). Presses Universitaires de Genève.
- Rahayu, D. S., Hendayana, S., Mudzakir, A. et Rahmawan, S. (2019). Types and the role of teacher's questions in science classroom practice. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2), 022–040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022040>
- Ronfard, S., Zambrana, I. M., Hermansen, T. K. et Kelemen, D. (2018). Question-asking in childhood: A review of the literature and a framework for understanding its development. *Developmental Review*, 49, 101–120. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2018.05.002>
- Venturini, P. et Boilevin, J. M. (2021). La formation des enseignants de sciences et technologies, enjeu pour le futur et champ de recherche à développer. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 23, 9–27. <https://doi.org/10.4000/rdst.3655>
- Vergnaud, G. (1994). Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. Dans M. Artigue et R. Gras (dirs.), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France. Hommage à Guy Brousseau et à Gérard Vergnaud* (p. 177-191). La Pensée Sauvage.
- Vinatier, I. et Pastré, P. (2007). Organismes de la pratique et/ou de l'activité enseignante. *Recherche et formation*, 56, 95-108. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.981>

Wiyanto, W., Nugroho, S. E. et Hartono, H. (2017). The scientific approach learning: How prospective science teachers understand about questioning. *Journal of Physics: Conference Series*, 824(1), 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/824/1/012015>

Construire le problème du changement climatique : quels apports et quelles limites de la fresque du climat ?

Hanaà Chalak^{1,2}, Malou Delplancke^{1,2}

1 : Centre de recherche en éducation de Nantes, Nantes Université - UFR Lettres et Langages, Le Mans
Université

2 : INSPE Académie de Nantes, Nantes Université

Résumé

Le changement climatique est un problème super-pernicieux dont la complexité peut être abordée par un travail autour de la fresque du climat, dispositif issu de la médiation largement utilisé par les enseignants. Nous nous intéressons aux apports et aux limites de cet outil en analysant son utilisation par des élèves d'une classe de Terminale et des étudiants en formation au métier d'enseignant de SVT. En effet, nous avons filmé des séances de travail à partir des cartes de la fresque et récupéré les productions de groupe. Nos résultats suggèrent que la fresque pourrait contribuer à l'initiation de la pensée systémique du problème, mais appelle à un regard critique et des choix didactiques de la part de l'enseignant pour dépasser la vision séquentielle et articuler les différentes dimensions du problème.

Mots-Clés : Changement climatique ; Problème super-pernicieux ; Complexité ; Didactique.

Construire le problème du changement climatique **Quels apports et quelles limites de la fresque du climat ?**

La complexité du problème du changement climatique

Le changement climatique (CC) se pose comme un problème scientifique complexe qui met en jeu de nombreux systèmes et variables dans une relation synergique (Meira & González Gaudio, 2016) comme la biosphère, l'atmosphère, l'océan, l'albédo, l'effet de serre, etc. C'est à la fois un problème fonctionnaliste et historique qui examine le rôle de l'atmosphère dans les explications climatiques, travaille sur la question de l'effet de serre et des températures terrestres et étudie les climats passés, actuels et futurs (Orange & Orange Ravachol, 2017). Par son inscription dans le champ des « éducations à », et en l'abordant sous l'angle élargi de l'atténuation, le CC se pose également comme un problème super-pernicieux auquel se superposent cinq dimensions : polysémie, conflictualité potentielle, complexité, temporalité critique, ouverture ou absence de solution (Fabre, 2021). En effet, ses interprétations sont multiples, et il n'existe pas une seule solution possible permettant de résoudre ce problème complexe où différents systèmes sont impliqués (physico-chimiques, écologiques, sociaux et économiques). De plus, chaque solution est difficile à évaluer et débouche sur de nouveaux problèmes.

Ainsi, des dimensions scientifiques, éthiques et politiques se croisent quand il s'agit de penser globalement le problème du CC ce qui pose la question de la manière dont ces dimensions peuvent s'articuler, être travaillées avec les élèves et des risques encourus. Selon Henderson et al. (2017), de nouveaux champs de recherche sont à explorer pour construire le domaine de l'éducation au changement climatique, parmi lesquels une attention sur les pratiques pédagogiques doit occuper une place centrale. Pour enseigner le CC en classe, de nouveaux outils sont continuellement étudiés dans les recherches en éducation comme la cartographie des controverses (Albe, 2008 ; Urgelli & Godin, 2022), la matrice problématique (Fabre, 2021), et la question de la pertinence de leur mobilisation en classe se pose. Notre étude propose d'analyser un dispositif en particulier en partant d'un travail autour de la fresque du climat¹ qui tente d'articuler les multiples dimensions impliquées dans le problème du CC. Cet outil, issu de l'éducation informelle, est de plus en plus utilisé par les enseignants et les recherches en didactique ne s'y sont pas encore intéressées. Après une présentation de la fresque et de notre méthodologie de recherche, nous nous intéressons à son utilisation par des élèves d'une classe de terminale générale (enseignement scientifique) et des étudiants en master de première année qui se forment à l'enseignement des SVT (M1 MEEF SVT). Dans quelles mesures le travail autour de la fresque leur permet-il de construire le problème du CC dans ses différentes dimensions (scientifiques, écologiques, sociales et économiques) et de saisir sa complexité ?

¹ <https://fresqueduclimat.org/> (consulté le 28/10/2023).

Présentation du contenu de la fresque du climat et de la méthodologie de recherche

La fresque du climat est un outil largement mobilisé par les enseignants pour travailler la complexité du problème du CC à différents niveaux d'enseignement. Elle est composée de 42 cartes proposant des faits qu'il s'agit de lier, dans un travail collaboratif, pour expliquer les causes et les conséquences du CC. Les cartes sont organisées en 5 lots et le travail consiste à positionner toutes les cartes d'un lot avant de passer au suivant. Notre analyse du contenu de la fresque, à partir des caractéristiques du problème du CC déjà présentées, nous a permis de distinguer trois dimensions qui se superposent progressivement : la dimension physico-chimique (lots 1, 2 et 3), la dimension écologique (lot 4) et les dimensions économiques et sociales (lot 5). La figure 1 ci-dessous présente un exemple de cartes de la fresque.



Figure 1 : un exemple de carte utilisée dans la fresque du climat.

Notre méthodologie de recherche a consisté à recueillir des données auprès d'élèves de terminale (23 élèves) et d'étudiants en master (15 étudiants) qui ont été mis en situation de réaliser la fresque du climat en autonomie. Cette manière de procéder, visiblement répandue en milieu scolaire d'après nos observations, représente une certaine modalité de mise en œuvre de la fresque. Elle est différente de la démarche initiale à suivre où des moments d'échanges entre chaque lot sont prévus pour repérer les problèmes de construction et renvoyer les participants au contenu de certaines cartes. Nous disposons des enregistrements audio et vidéo des séances ainsi que des fresques produites par les groupes d'élèves et d'étudiants. Nous analysons globalement le contenu des fresques en termes de raisonnement mobilisé (linéaire ou systémique) et de problématisation réalisée. Nous nous focalisons sur les liens effectués entre les cartes en portant un regard sur le positionnement de certaines cartes problématiques (aérosol, fonte de la banquise, cycle de l'eau, conflits armés, etc.). Le contenu des échanges de groupe a été également transcrit et analysé avec une focalisation sur les échanges significatifs par rapport aux éléments étudiés.

Analyse de deux situations de construction de la fresque du climat

Les savoirs scientifiques mobilisés dans la dimension physico-chimique

Les fresques produites par les groupes d'élèves (6 groupes) sont globalement différentes. Certaines sont plus linéaires que d'autres, ce qui au premier abord, peut-être révélateur d'une construction différente du problème. Certaines présentent une linéarité avec des liens peu importants réalisés entre les cartes alors que d'autres mettent en évidence des effets positifs

et négatifs, font partir plusieurs flèches d'une même carte et dirigent plusieurs vers une autre (exemples en figure 2). Les liens entre les cartes sont positionnés différemment dans les fresques des élèves, même si celles-ci suivent globalement la logique sous-jacente de l'outil : partir des activités humaines pour identifier des liens de cause à effet au niveau des dimensions fonctionnalistes, écologiques, économiques et sociales. Lorsque nous regardons comment les cartes problématiques (fonte de la banquise et aérosols) sont positionnées par les élèves, nous constatons diverses compréhensions, parfois erronées des liens qui peuvent être réalisés. Par exemple, la montée des eaux entraîne la fonte de la banquise, des glaciers et des calottes glaciaires pour un groupe et la fonte de la banquise contribue à la montée des eaux pour trois autres groupes. Un seul groupe a positionné, de manière isolée la fonte de la banquise comme conséquence de la hausse des températures sans la relier à la montée des eaux. De la même manière, la contribution négative des aérosols au forçage radiatif a été repérée par un seul groupe. La diversité des liens réalisés dans les fresques pointe des difficultés à concevoir comment les variables en cause, proposées par les cartes de la fresque, sont reliées les unes aux autres (Meira & González Gaudio, 2016) ce qui est caractéristique de la complexité du problème climatique.

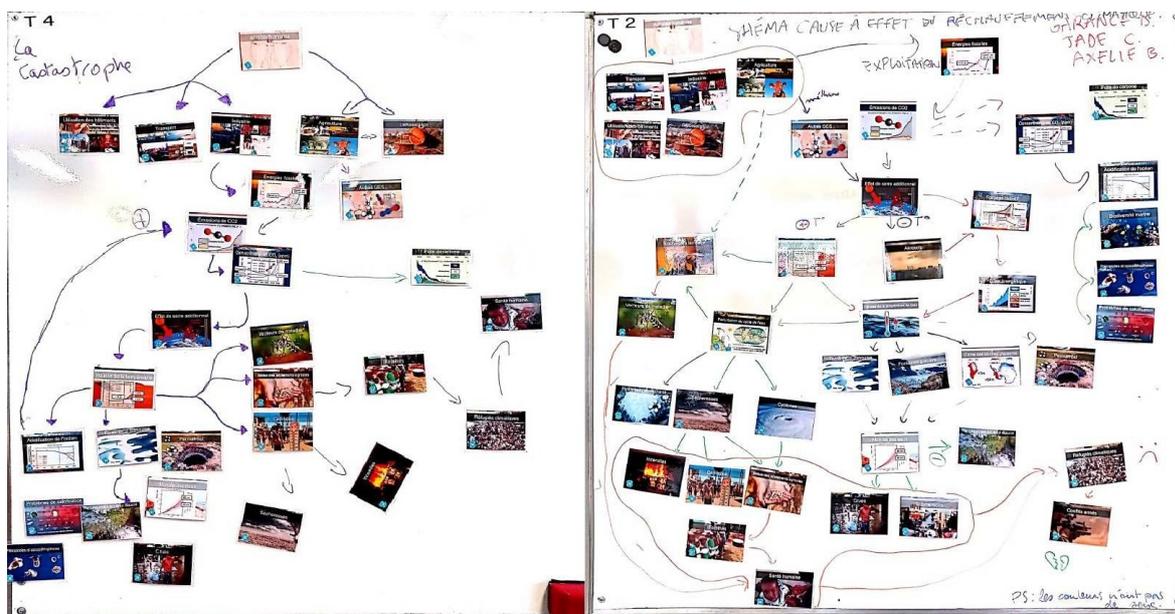


Figure 2 : deux productions de fresque chez des élèves de Terminale (groupe 4 et 2).

Du côté des étudiants, les trois fresques sont construites de manière plus complexe avec une absence de la tendance linéaire observée au lycée. Les échanges à travers les lots 1, 2 et 3 révèlent une entrée progressive dans la complexité du système avec la prise en compte des phénomènes de rétroactions, et des imbrications du temps et de l'espace. L'explication fonctionnaliste empreinte d'un raisonnement de type séquentiel laisse apparaître progressivement des explications sous-tendues en partie par un raisonnement systémique (évolution du bilan radiatif, conceptualisation du système spatio-temporel avec superposition des causes et des effets). Cette entrée dans la complexité du dérèglement climatique semble se faire au prix d'une approximation de nombreux de liens de cause à

effet. Dans une fresque, la hausse de la température entraîne directement la perturbation du cycle de l'eau (les 2 cartes sont accolées), qui elle-même a pour conséquence directe la fonte des glaciers et des calottes glaciaires. Dans une autre, la fonte de la banquise exerce une rétroaction sur l'effet de serre additionnel. Concernant les cartes problématiques, dans 2 fresques sur 3, les aérosols sont reliés au forçage radiatif, mais le lien d'inhibition n'est pas explicitement affiché.

Difficultés de la problématisation socioécologique

Pour les étudiants et les lycéens, les liens de cause à effet des lots 4 et 5 (dimensions écologiques, économiques et sociales) génèrent une formalisation, pour certains groupes, beaucoup moins rigoureuse (absence de flèches, cartes accolées ou isolées sans explicitation des liens), et des échanges beaucoup moins approfondis dans lesquels ils ont tendance à représenter des associations thématiques plutôt que construire des liens de cause à effet. De plus, les échanges sont fortement imprégnés du registre des émotions et les cartes réfugiés climatiques, conflits armés génèrent des formes de catastrophisme immédiat.

Par exemple, la carte conflits armés interroge les élèves « E2 : je ne vois pas en quoi les conflits armés ça fait un truc avec le climat ». Le travail réalisé les amène vers un registre catastrophique en témoigne le titre donné à la fresque par un groupe d'élèves : « La catastrophe » et les représentations symboliques négatives inscrites à la fin de la fresque (cœur brisé, émoticône triste). Quant aux étudiants, ils placent cette carte en aval des 3 fresques, isolée, sans lien explicite avec les autres cartes, ou aux côtés des réfugiés climatiques. Leurs échanges s'accompagnent de projections catastrophistes, et donnent lieu à des récits de prospection très simplistes. Ces difficultés peuvent être liées aux contenus non objectivés de ces cartes.

Tensions et paradoxes de l'enseignement du problème du CC

L'autonomie laissée aux élèves et aux étudiants dans la construction de la fresque permet de mettre à jour leurs raisonnements spontanés. Ils ont globalement construit des agencements complexes de causes et de conséquences entre les cartes qui relèvent des dimensions physiques, même si on retrouve des approximations voire des erreurs qui sont problématiques et des raisonnements linéaires plus fréquents chez les élèves. Cependant, la faible formalisation des liens de cause à effet entre les cartes des dimensions écologiques, et surtout économiques et sociales pointe une difficulté à les appréhender et les problématiser. Ainsi, l'entrée dans la complexité du CC semble plus confuse du point de vue socioécologique et l'investissement de ces aspects peut faire l'objet d'échanges critiques dans la comparaison des fresques produites par les différents groupes, à la fin de l'atelier. Lors de la construction de la fresque, un groupe d'étudiantes se projette dans une éventuelle transposition de ce dispositif avec des élèves. Elles évoquent la difficulté liée à la question de la légitimité professionnelle face à l'instabilité des savoirs en jeu. Leurs échanges témoignent des tensions et paradoxes que posent l'enseignement d'un problème super-panacéique tel que le CC, c'est-à-dire un problème qui ne présente pas véritablement de solutions définitives, mais seulement des issues temporaires et provisoires (Fabre, 2021).

Elles s'interrogent sur les finalités éducatives d'un tel dispositif : s'il n'existe pas de véritables solutions, en quoi consiste le traitement en classe de tels problèmes ? Comme relevé par Roelens (2022), sur le plan éthique et ontologique, comment demander aux

élèves de trouver des solutions à des questions « angoissantes » dont la responsabilité première incombe aux adultes ?

Conclusion

Les résultats de nos analyses montrent que la fresque pourrait contribuer à l'initiation de la pensée systémique du problème du CC et pointent la nécessité de travailler sur les liens de rétroactions pour ne pas rester dans une vision séquentielle. Toutefois, ce travail amène à porter un regard critique. À vouloir tout relier, on retrouve certaines relations de cause à effet qui relèvent de la pensée commune sans souci d'une rigueur scientifique. Ces éléments méritent d'être discutés avec les élèves.

Bibliographie

- Albe, V. (2008). Pour une éducation aux sciences citoyenne. Une analyse sociale et épistémologique des controverses sur les changements climatiques. *ASTER*, 46 (1), 45-70.
- Fabre, M. (2021). Problématologie des questions socialement vives. Repères épistémologiques pour l'école. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 210, 89-99. <https://doi.org/10.4000/rfp.10118>
- Henderson, J., Long, D., Berger, P., Russell, C. & Drewes, A. (2017) et al. (2017). Expanding the Foundation : Climate Change and Opportunities for Educational Research. *Educational Studies: Journal of the American Educational Studies Association*, 53(4), 412-425. <https://doi.org/10.1080/00131946.2017.1335640>
- Meira, P., & Gonsalez Gaudiano, É. J. (2016). Les défis éducatifs du changement climatique : La pertinence de la dimension sociale. *Éducation relative à l'environnement*, 13(2). <https://www.erudit.org/fr/revues/ere/2016-v13-n2-ere04029/1052539ar/>
- Orange, C., & Orange Ravachol, D. (2017). Problématisations scientifiques fonctionnalistes et historiques en éducation relative à l'environnement et au développement durable. Le cas de l'évolution climatique. *Formation et Pratiques d'Enseignement en Questions*, 22, 21-38.
- Roelens, C. (2022). Penser éducation au politique et questions environnementales dans la démocratie. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, 63. <https://doi.org/10.4000/edso.18710>
- Urgelli, B., & Godin, C. (2022). Développer la réflexivité critique en cartographiant une controverse ? *Questions Vives. Recherches en éducation*, 37. <https://doi.org/10.4000/questionsvives.6926>

Niveau de conceptualisation scientifique d'élèves de seconde en fonction de leur niveau de performance en sciences et de leur statut socio-économique et culturel : analyse multimodale

Mylène Duclos¹, Florence Le Hebel¹, Andrée Tiberghien¹, Pascale Montpied¹, Valérie Fontanieu²

1 : Interactions, Corpus, Apprentissages, Représentations, École Normale Supérieure de Lyon, Université Lumière Lyon 2, INRP, École Normale Supérieure Lettres et Sciences, CNRS

2 : Institut français de l'Éducation, École Normale Supérieure de Lyon

Résumé

Les élèves à PISA Sciences 2015, issus des milieux les plus défavorisés, avaient quatre fois plus de risques que les autres de compter parmi les élèves en difficulté en sciences. L'objectif de notre recherche est de mieux comprendre où se situent les difficultés des élèves, en fonction de leur statut économique social et culturel (SESC). Dans cette communication, nous proposons d'illustrer la manière dont les élèves, selon leur niveau de performance et leur SESC, utilisent les gestes co-verbaux de type déictique, iconique et métaphorique pour évoquer des concepts scientifiques relatifs aux météorites. Nos résultats montrent que les gestes effectués par les élèves diffèrent selon de leur profil. Les élèves de haut niveau de performance et de SESC favorisé utilisent des gestes iconiques/métaphoriques accompagnant un vocabulaire technique alors que ceux de bas niveau de performance et de SESC défavorisé réalisent uniquement des gestes déictiques accompagnant un vocabulaire plus familier.

Mots-Clés : Culture scientifique ; Gestes ; Niveau socio-économique et culturel ; Niveau de performance ; Sources de difficultés.

Niveau de conceptualisation scientifique d'élèves de seconde en fonction de leur niveau de performance en sciences et de leur statut socio-économique et culturel : analyse multimodale

Introduction

PISA Science 2015 révèle un important écart de performances des élèves selon leur statut économique social et culturel (SESC) et montre que les élèves issus des milieux les plus défavorisés ont quatre fois plus de risques que les autres de compter parmi les élèves en difficulté en sciences (OCDE, 2016). Néanmoins, il reste à déterminer ce qui caractérise les difficultés que rencontrent ces élèves au cours de la réalisation d'une tâche en sciences. Dans cette optique, le projet de recherche global a consisté à élaborer un modèle de difficulté à l'item (Duclos et al., 2021) à partir d'une analyse *a priori* des 183 items PISA Science 2015 basée sur des recherches antérieures (e.g. Le Hebel et al., 2014). Il se compose de 16 caractéristiques principales et 7 sous-caractéristiques réparties en trois catégories :

- Caractéristiques intrinsèques à l'item
 - Aspects formels (e.g. format de réponse)
 - Aspects relatifs au sens (e.g. réponse dans l'item)
- Contenus en jeu (e.g. types de connaissances)
- Raisonnements et stratégies (e.g. complexité cognitive).

Ce modèle nous permet une analyse plus poussée à la fois quantitative et qualitative des difficultés des élèves. Nous proposons dans cette communication de nous intéresser à la partie plus qualitative du projet en présentant une étude de cas d'élèves en situation de réalisation de tâche en sciences.

Cadre d'analyse spécifique à l'étude de cas

Placer les élèves en situation de réalisation d'une tâche en sciences est un dispositif de recherche qui nous permet de mettre en lumière les processus cognitifs qu'ils mettent en jeu au cours de celle-ci. Nous prenons alors appui sur l'observation et l'analyse des verbalisations des élèves à partir desquels nous inférons leurs stratégies et leurs représentations mentales (Richard, 2005).

Les verbalisations des élèves représentent des informations linguistiques très riches et nous tentons d'en faire ressortir une signification à travers une analyse multimodale c'est-à-dire sous l'angle de différentes modalités, ici verbale (le choix du vocabulaire) et visuelle (la gestualité) (Ferré, 2011). Les enregistrements vidéo sont donc essentiels à notre recherche puisqu'ils permettent de capter les comportements multimodaux des élèves (Jewitt, 2009). À travers l'utilisation des vidéos, nous cherchons à mieux appréhender la façon dont les élèves construisent leur réponse. Pour déterminer les différentes étapes de la réalisation d'une tâche en sciences, nous nous appuyons sur le modèle de réponse aux questions de Pollitt & Ahmed (1999). Ce modèle comporte cinq étapes et nous permet de discriminer les verbalisations et gestes des élèves à des moments précis de la réalisation de la tâche (cf. tableau 1). Les verbalisations des élèves ainsi que les gestes co-verbaux sont ainsi analysés à chaque étape du modèle.

Étapes	1	2	3	4	5
Type	Lecture	Recherche	Interprétation	Résolution	Composition
Action	Comprendre la question	Accéder aux aspects pertinents stockés en mémoire	Réinterpréter les connaissances stockées en mémoire pour les faire correspondre à la question	Générer une réponse à la question	Rédiger une réponse que l'examineur soit en mesure de lire

Tableau 1. Les différentes étapes de réalisation d'une tâche selon le modèle de réponse aux questions (Pollitt & Ahmed, 1999)

Pour classer le type de gestes réalisés par les élèves, nous nous appuyons sur la taxonomie la plus couramment utilisée dans les recherches, à savoir celle de McNeill (1992). Trois types de gestes nous ont ainsi intéressés :

- 1/ Les gestes déictiques sont des gestes de pointage et servent essentiellement à diriger l'attention vers des informations visuelles
- 2/ Les gestes iconiques sont des gestes illustratifs du discours et prennent souvent la forme de l'objet évoqué
- 3/ Les gestes métaphoriques illustrent aussi le discours et représentent des idées abstraites

La littérature montre que les gestes contribuent à la conceptualisation scientifique (Radford et al., 2009) et qu'ils peuvent aider les élèves à exprimer des concepts scientifiques acquis (e.g., Edwards, 2009 ; Healy & Fernandes, 2011; Kim et al., 2011). Les gestes co-verbaux représentent donc un véritable outil pour l'analyse des processus cognitifs (Robutti et al., 2021). Même si leur étude n'est pas nouvelle (eg. Roth & Lawless, 2002), il n'y a pas encore, à notre connaissance, de recherches qui prennent en compte le SESC des élèves alors qu'il joue un rôle indéniable dans la réussite des élèves.

But de l'étude de cas

Le but de cette étude de cas est donc de déterminer, au moyen d'une analyse multimodale, le niveau de conceptualisation des élèves de seconde en fonction du niveau de performance et du SESC.

Nous supposons que le SESC des élèves peut exercer une influence sur les concepts scientifiques qu'ils activent et les gestes qui leur sont associés.

Méthodologie

Projet global et étude de cas

Cette étude de cas fait partie d'un projet de recherche plus large qui cherche à mieux comprendre les difficultés des élèves en sciences selon leur niveau de performance et leur SESC.

Dans le projet global, deux études complémentaires ont été réalisées (basées sur items PISA Science 2015), l'une statistique¹, secondaire à celle de PISA Science 2015 (183 items et 6108 élèves) et l'autre, qualitative² (25 items et 27 élèves).

L'étude de cas porte davantage sur l'analyse qualitative dont l'échantillon est de 27 élèves,

c'est-à-dire sur leurs verbalisations. Dans cette communication, nous présenterons uniquement les verbalisations produites au cours des échanges entre les élèves de quatre binômes que nous avons répartis selon les deux variables : niveau de performance et SESC (cf. tableau 2). Nous nous concentrons ici sur les binômes d'élèves présentant un haut niveau de performance et de SESC favorisé et ceux ayant un bas niveau de performance et de SESC défavorisé. Nous avons fait le choix des deux profils d'élèves les plus contrastés de l'échantillon global afin de présenter les résultats les plus saillants.

		Niveau de performance	
		Haut niveau	Bas niveau
SESC			
Favorisé	Binôme 1 Binôme 2		
Défavorisé			Binôme 3 Binôme 4

Tableau 2. Répartition des binômes d'élèves selon leur niveau de performance et leur SESC.

Pour capturer les verbalisations des élèves, nous avons eu recours à un protocole d'enregistrements audio-vidéo permettant d'observer plus directement les comportements multimodaux des élèves au cours de la réalisation d'une tâche en sciences. Un entretien d'explicitation a aussi été réalisé avec les élèves pour tenter de mettre à jour la part d'implicite dans les actions exécutées auparavant (Vermersch, 2019).

Présentation des items

Les items 641Q03 et 641Q04 (cf. figure 1) sont relativement semblables en termes de caractéristiques. Les seules caractéristiques de notre modèle de difficultés qui les distinguent sont la réponse dans l'item et le niveau de référence à la vie quotidienne. Si nous nous intéressons plus spécifiquement à la caractéristique « réponse dans l'item », nous pouvons voir que dans l'item 641Q03, la réponse de l'item peut être déduite à partir de l'illustration, ce qui n'est pas le cas de l'item 641Q04. En effet, les élèves doivent prendre en compte une dimension temporelle leur permettant de comprendre par exemple qu'une météorite a formé le cratère B, qui s'est superposé à une partie du cratère A formé antérieurement, lui-même recoupant le cratère C le plus ancien. Contrairement à l'item 641Q03, il n'est donc pas possible pour les élèves de concevoir la réponse attendue s'ils ne s'intéressent qu'à la taille des formes.

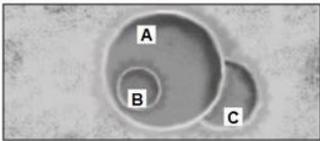
¹Dans l'étude statistique, le niveau de performance se base sur les scores obtenus par les élèves à PISA Science 2015.

² Dans l'étude qualitative, le niveau de performance est déterminé à partir de la moyenne des élèves en sciences (Physique-Chimie et Sciences de la Vie et de la Terre).

Météorites et cratères

Référez-vous aux informations fournies sous « Météorites et cratères » à droite. Pour répondre à la question, utilisez la fonction « glisser-déposer ».

Examiner les trois cratères suivants.



Classez ces cratères en fonction de la taille de la météorite qui les a formés, du plus grand au plus petit.

	Le plus grand	→	Le plus petit
A			

Classez ces cratères en fonction du moment où ils se sont formés, du plus ancien au plus récent.

	Le plus ancien	→	Le plus récent
A			

Météorites et cratères

Les roches présentes dans l'espace qui entrent dans l'atmosphère de la Terre sont appelées des météorites. En traversant l'atmosphère de la Terre, les météorites deviennent très chaudes et brillantes. La plupart des météorites brûlent entièrement avant d'atteindre la surface de la Terre. Lorsqu'une météorite atteint la surface de la Terre, elle peut créer un trou appelé cratère.



Figure 1. Items 641Q03 et 641Q04 (OCDE, 2016).

Résultats

Analyse statistique

L'analyse statistique montre que la caractéristique « réponse dans l'item » est la seule favorable aux performances des élèves de bas niveau de performance et de SESC défavorisé ($p < .05$). De plus, l'item 641Q03, dont la réponse est déductible à partir de l'illustration, entraîne une faible variation de l'écart de réussite selon le SESC des élèves (8 points) alors que l'item 641Q04, dont la réponse est plus difficilement déductible, provoque une variation importante de l'écart de réussite selon le SESC des élèves (25 points).

Analyse multimodale

Les points obtenus par les élèves de l'échantillon de notre étude qualitative montrent aussi que les élèves de SESC défavorisé et de bas niveau de performance réussissent moins bien l'item 641Q04 que l'item 641Q03 en comparaison aux élèves de SESC favorisé et de haut niveau qui réussissent de manière similaire les deux items (cf. tableau 3).

	Binôme 1	Binôme 2	Binôme 3	Binôme 4
641Q03 (avec réponse déductible)	1	1	1	1
641Q04 (sans réponse déductible)	1	1	0	1

Tableau 3. Point obtenu par les 4 binômes aux deux items (641Q03 et 641Q04)

L'analyse multimodale montre que les élèves des binômes de SESC favorisé et de haut niveau de performance utilise une combinaison de gestes iconiques et métaphoriques (cf.

tableau 4). Tout d'abord, ces deux binômes d'élèves mentionnent tous deux le concept scientifique de « décomposition » d'une météorite au cours des échanges et y associent un geste iconique. À ce geste, s'ajoute un geste métaphorique pour représenter la métaphore conceptuelle du temps. C'est une façon pour les élèves de retranscrire les caractéristiques « spatio-dynamique » de la décomposition d'une météorite au moment de son entrée dans l'atmosphère que ne laisse pas aussi bien transparaître la seule modalité verbale du langage (Becvar et al., 2008). Cela indique que ces élèves ont une représentation cohérente que la taille des cratères varie en fonction de la taille de la météorite, qui dépend elle-même de son niveau de dégradation dans l'atmosphère terrestre.

Extraits de verbatim	
Binôme 1	Binôme 2
<p>« E2 : Ben le plus grand en fait vu qu'elle se décompose (1) dans l'atmosphère enfin vu qu'elle brûle avant d'atteindre la surface de la terre ça veut dire que plus l'impact il est grand (2) plus ça veut dire qu'il est resté euh de la roche on est d'accord jusque-là j'suis t'es logique (0:16:16.8) »</p>	<p>« E3 : Donc elles brûlent entièrement avant d'atteindre la surface de la Terre donc ça veut dire qu'elles sont plus petites (2) tu vois c'que j'veux dire elles sont quasiment décomposées (1) (0:15:52.1)</p>
<p>(1) Geste iconique : représentation de la décomposition de la météorite (forme plus ou moins arrondie de la main et ouverture des doigts laissant apparaître la paume de la main dirigée vers soi) (1) Geste métaphorique : représentation de la métaphore conceptuelle du temps lors de l'entrée de la météorite dans l'atmosphère terrestre (mouvement de la main en diagonale et de haut en bas) (2) Geste iconique : représentation de la taille du cratère en faisant le lien avec la taille de la météorite (forme arrondie avec les deux mains s'écartant l'une de l'autre)</p>	<p>(1) Geste iconique : représentation de la décomposition de la météorite (forme plus ou moins arrondie de la main et fermeture des doigts vers la paume de la main dirigée vers le plafond) (1) Geste métaphorique : représentation de la métaphore conceptuelle du temps lors de l'entrée de la météorite dans l'atmosphère terrestre (mouvement de la main de haut en bas) (2) Geste iconique : représentation de la taille du cratère en faisant le lien avec la taille de la météorite (fermeture des doigts vers la paume de la main pour prendre une forme arrondie)</p>
Gestes	

Tableau 4. Analyse multimodale des échanges entre les élèves des deux binômes d'un haut niveau de performance à l'épreuve du PISA et de SESC favorisé à l'étape 3 du modèle de réponse aux questions (Pollitt & Ahmed, 1999).

Les élèves des binômes de SESC défavorisé et de bas niveau de performance n'utilisent pas de gestes iconiques et métaphoriques. Ils privilégient plutôt l'utilisation de gestes déictiques (cf. tableau 5). Nous pouvons également observer que le vocabulaire utilisé est plus familier car pour évoquer les cratères, les élèves vont employer des termes comme « rond » ou bien « boule ».

Extraits de verbatim		
	Binôme 3	Binôme 4
	« E23 : C'est le rond là (1) (0:28:03.9) » « E22 : Mais tu vois pas là y'a une petite boule (1) une grosse boule (1) une moyenne boule (1) (0:28:07.7) »	« E13 : En gros lequel en 1er ben j'pense que c'est le C d'abord (1) (0:13:13.0) Parce que regarde il est derrière (2) (0:13:15.9)
Gestes	(1) Gestes déictiques : gestes de pointage mais sans distinction nette entre la taille des cratères et la taille des météorites.	(1) Geste déictique : geste de pointage pour indiquer le cratère le plus ancien. (2) Geste déictique : Tentative de prise en compte de la dimension temporelle qui s'accompagne d'un geste de pointage.

Tableau 5. Analyse multimodale des échanges entre les élèves des deux binômes d'un bas niveau de performance à l'épreuve du PISA et de SESC défavorisé à l'étape 3 du modèle de réponse aux questions (Pollitt & Ahmed, 1999).

Les verbalisations indiquent aussi qu'une bonne réponse donnée par des élèves n'indique pas pour autant une compréhension complète de la situation. Par exemple, les élèves de SESC défavorisé et de bas niveau (binômes 3 et 4) répondent correctement à la question 641Q03 alors qu'ils n'expriment pas de distinction nette entre la taille des cratères et la taille des météorites, en comparaison aux élèves de SESC favorisé et de haut niveau de performance (binômes 1 et 2) comme le montre les extraits d'entretien suivants :

Binôme 3

« E22 : A C B c'est la plus grande celle-là (montre le cratère A)

E23 : C'est le rond là mais tu vois pas là y'a une petite boule une grosse boule une moyenne boule ».

Binôme 4

« E12 : on a classé euh selon le rond (montre sur le schéma) ».

Binôme 1

« E2 : plus le corps est gros plus ça va produire une un cercle de diamètre important ».

Binôme 2

« E3 : on a choisi les cratères en fonction donc de la trace qui était restée ».

Conclusion

L'analyse des verbalisations des élèves indique un niveau de conceptualisation différent selon leur SESC qui semble également se refléter dans les gestes utilisés. En effet, les élèves de SESC favorisé et de haut niveau de performance emploient un vocabulaire plus technique accompagnés de gestes métaphoriques et iconiques, ce qui n'est pas le cas des élèves de SESC défavorisé et de bas niveau de performance. Ces résultats vont dans le sens des recherches antérieures qui montrent que les connaissances semblent ne pas s'exprimer que sous une forme verbale (Kim et al., 2011) et que les gestes peuvent aussi fournir des informations sur la compréhension d'une tâche (Goldin-Meadow et al., 1992). L'intérêt d'une telle communication est de pouvoir présenter des extraits vidéos pour rendre compte du rôle des gestes dans la compréhension des élèves en sciences.

Bibliographie

- Becvar, A., Hollan, J., & Hutchins, E. (2008). Representational Gestures as Cognitive Artifacts for Developing Theories in a Scientific Laboratory. In M. S. Ackerman, C. A. Halverson, T. Erickson, & W. A. Kellogg (Éds.), *Resources, Co-Evolution and Artifacts: Theory in CSCW* (p. 117- 143). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-901-9_5
- Duclos, M., Le Hebel, F., Tiberghien, A., Montpied, P., & Fontanieu, V. (2021). Élaboration d'un modèle de difficulté de questions évaluant la culture scientifique des élèves. *Éducation et didactique*, 15(15- 3), Article 15- 3. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.9274>
- Edwards, L. D. (2009). Gestures and conceptual integration in mathematical talk. *Educational Studies in Mathematics*, 70(2), 127- 141. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9124-6>
- Ferré, G. (2011). Analyse multimodale de la parole. *Rééducation orthophonique*, 246, 73- 85.
- Goldin-Meadow, S., Wein, D., & Chang, C. (1992). Assessing Knowledge through Gesture : Using Children's Hands to Read Their Minds. *Cognition and Instruction*, 9(3), 201- 219. <https://www.jstor.org/stable/3233514>
- Healy, L., & Fernandes, S. H. A. A. (2011). The role of gestures in the mathematical practices of those who do not see with their eyes. *Educational Studies in Mathematics*, 77(2), 157- 174. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9290-1>
- Jewitt, C. (Éd.). (2009). *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis* (1st edition). Routledge.
- Le Hebel, F., Montpied, P., & Tiberghien, A. (2014). Which Effective Competencies Do Students Use in PISA Assessment of Scientific Literacy? In C. Bruguière, A. Tiberghien, & P. Clément (Éds.), *Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions* (Springer, Dordrecht, p. 273- 289). https://doi.org/10.1007/978-94-007-7281-6_17
- Kim, M., Roth, W.-M., & Thom, J. (2011). Children's gestures and the embodied knowledge of geometry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(1), 207- 238. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9240-5>
- McNeill, D. (1992). *Hand and Mind : What Gestures Reveal about Thought*. University of Chicago Press.

- OCDE. (2016). *Résultats du PISA 2015 (Volume I) : L'excellence et l'équité dans l'éducation* (Editions OCDE).
- Pollitt, A., & Ahmed, A. (1999). A New Model of the Question Answering Process. *Paper Presented to the International Association for Educational Assessment*,. IAEA Conference, Slovenia, May.
- Radford, L., Edwards, L., & Arzarello, F. (2009). Introduction : Beyond words. *Educational Studies in Mathematics*, 70(2), 91- 95. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9172-y>
- Richard, J.-F. (2005). *Les activités mentales : De l'interprétation de l'information à l'action* (4e édition). Armand Colin.
- Robutti, O., Sabena, C., Krause, C., Soldano, C., & Arzarello, F. (2021). Gestures in Mathematics Thinking and Learning. In M. Danesi (Éd.), *Handbook of Cognitive Mathematics* (p. 1- 42). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44982-7_8-1
- Roth, W.-M., & Lawless, D. (2002). Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. *Learning and Instruction*, 12(3), 285- 304. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00023-8)
- Vermersch, P. (2019). *L'entretien d'explicitation* (9e éd.). ESF Sciences humaines.

Forme de discours en classe de physique et développement de l'autonomie des élèves : étude de cas en cinquième

Suzane El Hage¹

1 : Centre d'Étude et de Recherche sur les Emplois et la Professionnalisation, Université de Reims Champagne-Ardenne

Résumé

Dans cette communication, nous nous intéressons au développement de l'autonomie des élèves en classe de cinquième et notamment à l'impact des formes de discours sur celui-ci. Pour cela, nous mobilisons d'une part, le cadre d'analyse AtA2d permettant de distinguer deux formes d'autonomie (autonomie transversale et autonomie didactique disciplinaire) en classe de physique et d'autre part, l'approche communicative distinguant 4 formes de discours dans une classe de sciences. Notre méthodologie consiste à analyser une vidéo de classe en la découpant selon les tâches réalisées par les élèves. Cette analyse qualitative permet d'illustrer comment les interactions (verbales et non verbales) en classe de physique favorisent certains domaines de l'autonomie et en freinent d'autres.

Mots-Clés : Autonomie des élèves ; Autonomie transversale ; Autonomie didactique ; Approche communicative ; Lycée ; Physique.

Forme de discours en classe de physique et développement de l'autonomie des élèves : étude de cas en cinquième

Introduction

Dans le contexte scolaire français, les prescriptions officielles de physique-chimie mentionnent le terme autonomie depuis 1997, année où l'enseignement de cette discipline est réapparu au collège (MEN, 1997 ; MEN, 2005 ; MEN, 2008 ; MEN, 2020). Cependant, l'analyse des cooccurrences, via le logiciel Iramuteq¹, entre le mot autonomie et d'autres termes dans ces programmes ne montre pas de ligne directrice explicite et continue au fil des années. Pour autant, il est demandé aux enseignants de physique-chimie de développer cette autonomie. Ce premier constat amène à s'intéresser aux pratiques d'enseignement permettant de développer ou pas l'autonomie des élèves en classe de physique. Ce sujet nous semble d'autant plus intéressant que peu de recherches en didactique portent sur l'autonomie et son développement en classe de physique. En effet, la question de l'autonomie est investie par la recherche en éducation (Carré, 1992 ; Lahire, 2001 ; Albergo, 2004 ; Eneau, 2018) mais reste très peu développée en didactique de la physique. Une recherche dans la base de données ERIC² à l'aide des mots-clés « physics » et « autonomy » renvoie 28 réponses sur les cinq dernières années (Vorholzer & Aufschneider, 2019 ; Großmann & Wilde, 2020 ; Wang & Tsai, 2020 ; Zhang et al., 2020 ; Ursekar & Naik, 2023, etc.). Ces articles définissent l'autonomie en quelques mots tout en faisant référence à la théorie de l'autodétermination (Deci & Ryan, 2000) mais sans prise en compte explicite des savoirs disciplinaires. Du côté francophone, l'autonomie est traitée en didactique de la chimie (El Bilani et al., 2007), en SVT (Monod-Ansaldi et al. 2010 ; Sanchez, 2023). Quant aux publications avec des « définitions » de l'autonomie en physique comme en mathématiques, elles sont récentes et en lien avec le projet E-fran IDEE³ (Gueudet & Lebaud, 2019 ; Le Bouil et al., 2019 ; Gueudet & Jofreddo-Lebrun, 2021 ; El Hage et al., 2021, 2024 ; El Hage, 2023, 2024). Dans ces publications, deux formes de l'autonomie sont distinguées : l'autonomie transversale (At) qui concerne des éléments du travail de l'élève présents dans toutes les disciplines contrairement à l'autonomie didactique disciplinaire qui est liée au savoir en jeu.

Dans cette communication, nous nous intéressons aux pratiques d'enseignement et au développement de l'autonomie des élèves. Les pratiques d'enseignement peuvent être approchées de différentes façons (Emprin, 2018). Pour notre part, nous les abordons sous l'angle des interactions didactiques entre enseignant et élèves et non pas des interactions éducatives en lien avec la personnalité du professeur (Zougkou et al., 2017 ; Reeve & Cheon, 2021). En effet, il ne suffit pas d'enseigner pour que les élèves apprennent. Ainsi, les interactions didactiques entre l'enseignant et les élèves prennent la forme d'échanges où le processus de négociation de sens autour des contenus est primordial.

¹ Iramuteq fait appel à la méthode Reinert visant à faire émerger, du discours, des mondes lexicaux par l'analyse des cooccurrences.

² Education Resources Information Center (<https://eric.ed.gov>).

Les travaux de Tiberghien et Venturini (2023) mettent en évidence que l'approche communicative (Scott & Mortimer, 2003) mobilisée dans des situations d'enseignement et d'apprentissage en sciences permet une meilleure intelligibilité des questions de didactique qu'ils se posent alors qu'ils travaillent sur les interactions dans la classe. Par ailleurs, Furtak et Kunter (2012) proposent eux aussi de s'appuyer sur la même approche pour comprendre les pratiques d'enseignement favorisant l'autonomie. Dans l'étude exploratoire présentée ici, nous souhaitons étudier la relation entre les formes de discours et le développement de l'autonomie des élèves en classe de physique.

Cadre conceptuel

Pour mener notre étude, nous mobilisons deux éclairages théoriques : le cadre d'analyse AtA2d (El Hage, 2023, 2024) et l'approche communicative (Scott & Mortimer, 2003).

Le cadre d'analyse AtA2d en classe de physique

Le cadre d'analyse (AtA2d) Autonomie transversale et Autonomie didactique disciplinaire (El Hage, 2024) distingue, à l'instar de Gueudet et Lebaud (2019), deux formes de l'autonomie:

- l'autonomie transversale (At) concerne des éléments du travail de l'élève présents dans toutes les disciplines. Elle ne dépend pas de la nature des savoirs engagés dans la classe ;
- l'autonomie didactique disciplinaire (Add ou A2d) est liée au savoir en jeu. Elle se particularise au regard de dimensions épistémologiques spécifiques de la discipline scolaire (la physique en ce qui nous concerne) et est en lien avec les tâches particulières liées aux situations d'enseignement, d'étude et d'apprentissage de la discipline (physique).

At et A2d se déclinent chacune en sept domaines, tels que proposés par Albero (2004), et sont construites autour d'une série d'indicateurs. Ceux de l'At sont créés sur la base des indicateurs génériques proposés par Albero (ibid.). Quant à ceux de l'A2d, ils sont inspirés des indicateurs génériques et singularisés au regard de la nature des savoirs et savoir-faire susceptibles d'être activés dans la classe de physique. Autrement dit, les relations de modélisation, fondatrices de l'élaboration des savoirs en physique, au cœur de l'enseignement de cette discipline (Tiberghien, 1994) d'une part, et l'aspect sémiotique permettant de communiquer les éléments du savoir en classe de physique (Bécu-Robinault, 2018) d'autre part, sont constitutifs de ce cadre A2d. Le tableau 1 présente le cadre d'analyse AtA2d avec des exemples de conduites attendues des élèves en autonomie didactique. Ces indicateurs non hiérarchisés, ne sont pas révélateurs d'un certain niveau d'autonomie mais bien de l'autonomie en général.

³ Le projet IDEE (Interactions Digitales pour l'Enseignement et l'Education) est une opération soutenue par l'État dans le cadre du volet e-FRAN du Programme d'investissement d'avenir, opéré par la Caisse des Dépôts.

Domaines de l'autonomie	Indicateurs de l'autonomie transversale	Indicateurs de l'autonomie didactique disciplinaire	Exemples en physique
Technique	Maîtrise des technologies numériques utilisées et capacité à s'adapter face à la diversité des outils et supports	Prélèvement d'informations sur des grandeurs mesurables. Maîtrise des tâches numériques (utilisation des logiciels/des applications en physique) ou du matériel expérimental (instrument de mesure etc.).	L'élève est capable d'utiliser seul un voltmètre et/ou un ampèremètre en électricité pour réaliser une mesure.
Informationnel	Recherche et traitement de l'information : maîtriser les outils de recherche documentaire, savoir rechercher et trouver l'information, etc.	Recherche et traitement de l'information sur des sites dédiés en physique, chercher dans son cours, dans son manuel etc. Identification de la nature de l'information	L'élève distingue les photos des dessins, des schémas d'un circuit électrique à la suite d'une recherche documentaire
Méthodologique	Organisation de son travail en classe ou à la maison en tenant compte des objectifs et des contraintes diverses	Organisation de son activité en physique dans le temps Mettre en œuvre un protocole expérimental donné par le professeur. Proposition d'un protocole avec des étapes	L'élève propose un protocole permettant d'étudier l'évolution de la tension en fonction du temps quand un condensateur se charge m (choix de matériel, montage → calibrage → relevé des valeurs → tracé de la courbe)
Social	Collaboration avec d'autres élèves et/ou avec le professeur Développement d'une attitude d'empathie, d'ouverture et de tolérance envers ses pairs	Echange et coopération avec d'autres élèves au sujet d'une situation en physique Sollicitation, à bon escient, du professeur en classe de physique	En cas de blocage, l'élève sollicite un joker de la part de l'enseignant pendant la mise en œuvre d'une investigation. L'élève travaille avec ses camarades autour du choix d'une procédure expérimentale visant à tester la validité d'un modèle.
Cognitif	Aspects individuels de la construction d'une stratégie de travail. Création des liens entre les éléments nouveaux et les éléments stabilisés dans les représentations.	Réinvestissement des connaissances apprises plus tôt en physique pour résoudre une tâche sur un autre thème du programme. Etablissement un lien entre le monde des objets / événements et le monde des théories / modèles. Recours à des opérations mentales variées concernant des contenus de physique.	L'élève mobilise l'exponentiel et l'équation différentielle, vu plus tôt dans l'année en électricité pour résoudre un exercice en radioactivité. Lors d'une activité, l'élève fait le lien entre ce que l'écran de l'application « carte du ciel » donne à voir et le ciel qu'il observe.
Métacognitif	Activité réflexive sur : l'action entreprise ; l'efficacité des modalités d'apprentissage choisies.	Capacité à s'auto-évaluer et utiliser ses erreurs pour faire évoluer une stratégie en physique. Etre conscient de ses propres stratégies en physique Contrôle de ses résultats en physique	En mécanique, l'élève connaît le principe d'inertie mais il est conscient qu'il a du mal à les mobiliser pour interpréter des mouvements simples en termes de forces.
Psycho-affectif	Estime de soi : oser répondre lorsqu'une question est posée à la classe entière, oser montrer son travail à tous. Motivation extrinsèque et/ou intrinsèque par rapport à des contenus	Prise des initiatives lors de la résolution d'un exercice ou d'une activité expérimentale en physique. Motivation extrinsèque et/ou intrinsèque pour des savoirs en physique, pour la compréhension du fonctionnement de la physique	L'élève choisit une thématique en physique qui l'intéresse pour le grand oral du baccalauréat en France. L'élève est passionné pour faire des expériences en physique L'élève continue à s'investir en cours de physique malgré l'obtention d'une mauvaise note

Tableau 1 : Cadre d'analyse AtA2d selon El Hage (2024)

L'intérêt de cette catégorisation par domaine de l'autonomie et notamment didactique est de mettre en évidence ce qui est attendu d'un élève autonome en physique selon des domaines interconnectés. En effet, le cadre d'analyse donne une définition analytique de l'autonomie ; l'autonomie est la reconstitution de tous les domaines dans les deux formes (At et A2d) sachant que le tout est supérieur à la somme des parties.

Le développement de l'autonomie est un processus qui apparaît sur du temps long. Ainsi si on souhaite parler de l'autonomie d'un élève, cela n'a de sens qu'à un moment donné et pour

une discipline particulière. Tout comme l'on peut dire que quelqu'un est compétent en regardant ce qu'il peut faire dans une situation donnée, à un instant précis (l'examen du permis de conduire par exemple), on peut dire qu'un élève est autonome en physique en fixant des indicateurs à un moment donné ; toutefois son autonomie continuera d'évoluer.

L'approche communicative

L'approche communicative (Mortimer & Scott, 2003) permet de dresser une typologie des formes de discours entre l'enseignant et les élèves selon deux entrées : (1) dialogique ou autoritatif⁴ et (2) interactif ou non interactif.

La communication est qualifiée de « dialogique » si l'enseignant prend en considération les différents points de vue énoncés par les élèves, c'est-à-dire qu'il reconnaît leurs idées et qu'il les discute. En revanche, l'approche est qualifiée d'« autoritative » si l'enseignant ne prend en considération qu'un seul point de vue ; la plupart du temps ce point de vue correspond au point de vue le plus proche des savoirs scolaires enseignés. Dans ce cas, l'enseignant reformule, par exemple, les idées des élèves mais peut être plus radical et les ignorer complètement.

La communication « interactive » articule la participation de l'enseignant et des élèves (ou de plusieurs personnes). Elle est « non-interactive » lorsqu'elle implique seulement l'enseignant, ou qu'elle exclut la participation de toute autre personne en dehors du premier locuteur. Cette approche est déjà mobilisée pour comprendre le dynamique de la communication en classe de physique (Scott et al, 2006 ; Buty & Mortimer, 2008 ; El Hage, 2012 ; Bécu-Robinault, 2018, etc.).

Ces deux entrées combinées génèrent quatre formes de discours entre les élèves et l'enseignant. La mise en tension de différentes formes de discours met en évidence la place tenue par les idées des élèves et de l'enseignant au fil du temps.

Question de recherche

Nous cherchons à comprendre si une relation existe entre les différentes formes de discours et le développement de l'autonomie des élèves. Ainsi notre question de recherche pourrait être formulée comme suit : En quoi les formes de discours entre enseignant et élève.s peuvent-elles favoriser ou freiner le développement des différents domaines de l'autonomie selon AtA2d en classe de physique ?

Recueil et traitement de données

Dans cette étude exploratoire, nous nous appuyons sur une vidéo de classe de cinquième à la fin d'une séquence d'enseignement sur le thème « masse et volume ». Cette séance est filmée chez un enseignant volontaire. Il s'agit d'une séance de travaux pratiques pendant laquelle 16 élèves doivent répondre à la même question « déterminer la masse et le volume » de quatre objets différents (eau, bouchon en verre, vis et métal) en complétant la fiche « activité » (figure 2). relative au savoir à enseigner.

⁴ Selon Buty et Badreddine (2009), le terme autoritatif utilisé en anglais dans le cadre théorique de Mortimer et Scott (2003) qualifie la capacité de l'enseignant à constituer une référence pour les points de vue des élèves,

La conséquence est que la traduction du terme « autoritativ » n'est pas « autoritaire » car cette dernière est en lien avec la capacité de l'enseignant à donner des ordres aux élèves (leur demander de se taire, leur demander de se mettre en rang, les évaluer).

Chapitre 3 : La chimie au quotidien Organisation et transformation de la matière

NOM – Prénom : _____ Note : _____

Planifier une tâche expérimentale, organiser son espace de travail, garder des traces écrites des étapes.	1	2	3	4
Mesurer des grandeurs physiques de manière directe et/ou indirecte. Suivre un protocole expérimental.	1	2	3	4

Activité 1 : Mesurer une masse et un volume au quotidien, une tâche simple ?

Vous avez sur votre table plusieurs objets. Votre objectif du jour, pour chaque objet : mesurer la masse et mesurer le volume et ainsi remplir le tableau ci-dessous.

Objet	Échantillon d'eau	Un morceau de métal	Un bouchon	Une Vis
Masse				
Volume				

Matériel à disposition : balance, bécher, éprouvette graduée, spatule, coupelle, fiche méthode mesures, formules mathématiques.

Pour chaque objet, décrivez votre méthode et remplissez les cases en écrivant :

1) Le matériel utilisé 2) le protocole réalisé (1..... ; 2..... ; 3.....)
3) Le résultat de votre expérience détaillé

Objet 1 : L'eau.

Mesure de la masse	Mesure du volume

Objet 2 : Le métal

Mesure de la masse	Mesure du volume

Objet 3 : Le bouchon

Mesure de la masse	Mesure du volume

Pour aller plus loin : Objet 4 : La vis

Mesure de la masse	Mesure du volume

Bilan personnel

Figure 2 : Fiche « d'activité » proposée aux élèves lors de la séance de TP filmée

Cette communication porte sur l'étude de la vidéo de classe et nous nous focalisons uniquement sur un passage qui concerne la mesure de la masse d'une seule vis, masse trop faible pour être mesurée par la balance.

Analyse de l'activité réelle d'un des 8 binômes

Les élèves travaillent par binômes dans la salle de TP avec du matériel à disposition sur chaque paillasse et une fiche papier (figure 2) comportant les deux mêmes questions pour 4 objets différents (8 questions au total). Ils doivent y répondre en 50 minutes. Ils peuvent, s'ils le souhaitent, consulter les documents à disposition (fiches méthode de mesures de masse et volume, formules de calcul des volumes) en complément de leur cahier. En fin de séance, les élèves doivent rendre individuellement la fiche complétée (figure 2) pour les 4 objets.

Pour réussir cette activité ouverte, l'enseignant donne des consignes et explique pendant 6 minutes ce qu'il faut faire sur la totalité de la séance. Durant ces 6 minutes, il ne sollicitera qu'un seul élève en lui posant une question fermée. Pendant cette phase, nous pouvons qualifier le discours de l'enseignant d'autoritativ / non-interactif. Ensuite, les élèves sont amenés à effectuer un ensemble de tâches en sollicitant l'enseignant le moins possible. La réussite de ces tâches fait appel à différents domaines de l'autonomie que nous décrivons ci-dessous.

L'organisation de la séance soutient une autonomie pédagogique et notamment dans le

domaine méthodologique. En effet, les élèves doivent s'organiser pour finir l'ensemble des tâches demandées par atelier et ranger la paillasse dans le temps imparti. Ils changent d'atelier toutes les 10 minutes (chronomètre projeté au tableau par l'enseignant) afin de pouvoir finir les 4 ateliers pendant la séance.

En termes d'autonomie didactique, la mise à disposition sur chaque paillasse des fiches méthodes soutient une autonomie informationnelle.

Quel que soit l'objet en question, les tâches sont à réaliser par binôme. Les élèves discutent entre eux avant de réaliser les expériences et de compléter leur document individuel (domaine social de l'AD). En effet, les interactions concernent le choix de matériel de mesure, les étapes à suivre, etc.

Il s'agit ici d'analyser un premier extrait vidéo de convenance (les 7 autres binômes seront analysés pour la présentation orale). A la suite d'une discussion rapide, les élèves du premier binôme passent à la mesure de la masse d'une vis. Ils doivent savoir utiliser et tarer une balance (domaine technique de l'AD). Les élèves mettent une vis directement sur la balance. Elle affiche zéro gramme et de plus, la vis glisse. Ils retirent la vis et essaient de la déposer doucement. L'affichage reste à zéro. Les élèves n'abandonnent pas et décident de déposer leur vis sur une coupelle pour mesurer sa masse mais sans effet sur l'affichage. Ils recommencent donc le dispositif de pesée. Au total, les élèves réalisent 5 essais infructueux (autonomie psycho-affective). Les élèves décident également d'appeler l'enseignant pour échanger sur leur « problème » (autonomie sociale). L'enseignant laisse les élèves s'exprimer et ne donne pas la solution verbalement ; il touche d'abord un tas de vis sur la table (geste invitant implicitement à prendre plusieurs vis). Les élèves ne comprennent pas ce message. L'enseignant donne, alors, des indications indirectes à l'oral et dit « je vous pose une question comme ça : 6 bonbons pèsent 20 grammes, alors combien pèse un bonbon ? ». Les élèves regardent l'enseignant, étonnés. Celui-ci répète sa question et simplifie son propos « 10 bonbons pèsent 20 grammes, quelle est la masse d'un bonbon ». Un des 2 élèves interrogés répond 2 grammes. Le professeur lui demande « Comment tu as fait ? ». L'élève répond « j'ai fait comme ça dans mon cerveau ». L'enseignant pose donc lui-même 10 vis sur la balance qui affiche ainsi 40 grammes. Les élèves réalisent le calcul et trouvent que la masse d'une vis est de 4 grammes. Ainsi, l'intervention de l'enseignant sous une forme autoritative s'appuie sur le domaine technique de l'autonomie des élèves (avec le relevé de valeurs, calcul) tout en nuisant au développement de l'autonomie cognitive ce qui pourrait être interprété par un autre cadre comme un effet Topaze (Brousseau, 1998) ou en termes de chronogénèse (Chevallard, 1992).

Conclusion et discussion

Dans cette étude exploratoire, nous avons mobilisé l'approche communicative en complément du cadre AtA2d pour analyser les pratiques ordinaires d'un enseignant de physique en classe de cinquième. AtA2d a déjà été mobilisé sur des données déclaratives (El Hage et al., 2021, 2022) et il s'agit, ici, de sa première mobilisation pour étudier des situations de classe.

Nous avons illustré l'utilisation du cadre d'analyse AtA2d, dans le contexte de l'enseignement et l'apprentissage de la physique, en nous appuyant pour l'instant sur un seul

binôme. Nous avons constaté que combiner AtA2d avec l'approche communicative était pertinent pour analyser les pratiques d'enseignement au regard du développement de différents domaines de l'autonomie. Cela nous permet de confirmer les résultats Furtak et Kunter (2012).

Un travail en cours vise à comparer la relation entre formes de discours de l'enseignant et le développement de l'autonomie pour les 7 autres binômes.

Bibliographie

- Albero, B. (2004). L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages. Dans I. Saleh, D. Lepage et S. Bouyahi (dirs.), *Les TIC au cœur de l'enseignement supérieur. Actes de la journée d'étude du 12 novembre 2002* (pp. 139-159). Publication de l'université Paris VIII-Vincennes-St Denis, coll. Actes Huit.
- Bécu-Robinault, K. (2018). Analyse des interactions en classe de physique : le geste, la parole et l'écrit. L'Harmattan.
- Brousseau, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. La Pensée Sauvage.
- Buty, C. et Badreddine, Z. (2009). Quelques effets didactico-discursifs de l'utilisation des schémas dans un enseignement d'électricité. *Aster*, 48, 89-110.
- Buty, C. & Mortimer, E. (2008). Dialogic/authoritative discourse and modelling in a high school teaching sequence on optics. *International Journal of Science Education*, 30(12), 1635-1660.
- Carré, P. (1992). L'Autoformation dans la formation professionnelle. La documentation française.
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12(1), 73-112.
- El Hage, S. (2012). Activités TICE, interactions langagières en classe et cohérence des séquences d'enseignements scientifiques. Thèse de doctorat. Université Lyon II.
- El Hage, S. (2023). Un cadre d'analyse didactique de l'autonomie des élèves et de son développement *par les enseignants en classe de physique*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches de l'Université de Reims Champagne-Ardenne.
- El Hage, S. (à paraître 2024). Vers un cadre d'analyse de l'autonomie des élèves en classe de physique. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*.
- El Hage, S., Boilevin, J.-M. et El Hajjar, D. (2021). Developing the students' autonomy in middle school: An exploratory study of French science teachers' points of view & the expectations of the school institution. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 15(2), 77-99.
- El Hage, S., Boilevin, J.-M. et El Hajjar, D. (2022). Autonomie des élèves français en physique au lycée : Points de vue d'enseignants. *Actes du 12ème rencontre scientifique de l'Association de Recherche en Didactiques, Sciences et Technologies (ARDIST)*.
- El Hage, S., Boilevin, J.-M., Gueudet, G. et Lebaud, M.-P. (2024). Soutenir le choix de ressources pour des usages du numérique favorisant l'autonomie des élèves : mise en regard d'une grille d'analyse dans deux disciplines. *Recherches en éducation*, 55, 72- 87.
- Emprin, F. (2018). Simuler les pratiques des enseignants : outil de recherche. *Colloque*

National ARDM, ARDM. (hal-02969681)

- Eneau, J. (2018). Autoformation, autonomisation et émancipation : De quelques problématiques de recherche en formation d'adultes. *Recherches & Educations*, 16, 21-38.
- Furtak, E.-M. & Kunter, M. (2012). Effects of Autonomy-Supportive Teaching on Student Learning and Motivation. *The Journal of Experimental Education*, 80 (3), 284-316.
- Gueudet, G. et Lebaud, M.-P. (2019). Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique partie 2. Analyser le potentiel de ressources pour les professeurs. *Petit x*, 110-111, 85-102.
- Gueudet, G. & Joffredo-Lebrun, S. (2021). Teacher education, students' autonomy and digital technologies: A case study about programming with Scratch. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 15(1), 5-24.
- Lahire, B. (2001). La construction de l' « autonomie » à l'école primaire : entre savoirs et pouvoirs. *Revue française de pédagogie*, 135 (1), 151-161.
- Le Bouil, A., El Hage, S., Jameau, A. et Boilevin, J.-M. (2019). L'autonomie des élèves dans l'apprentissage de la physique-chimie selon les enseignants. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6 (1), 274-280.
- Monod-Ansaldi, R., Digard, I., Florimond, A., Fontanieu, V., Péres, C., Rossetto, A. M. et Morel-Deville, F. (2010). *L'investigation en MI-SVT : un chemin vers l'autonomie des élèves ?* Actes des journées scientifiques DIES.
- Mortimer, E. & Scott, P. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. McGraw-Hill Education.
- Sanchez, E. (2023). *Enseigner et former avec le jeu. Développer l'autonomie, la confiance et la créativité avec des pratiques pédagogiques innovantes*. ESF Sciences Humaines.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71-87.
- Tiberghien, A. et Venturini, P. (2023). Teaching practices? In M. F. Taşar and P. R. L. Heron. *The International Handbook of Physics Education Research: Learning Physics* (pp. 24-1-24-36). AIP Publishing.
- Wang, Y. L. & Tsai, C. (2020). An investigation of taiwanese high school students' basic psychological need satisfaction and frustration in science learning contexts in relation to their science learning self-efficacy. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 18(1), 43-59.
- Zhang, D., Bobis, J., Wu, X. & Cui, Y. (2020). The Effects of an Autonomy-Supportive Teaching Intervention on Chinese Physics Students and their Teacher. *Research in Science Education*, 50, 645-671
- Ursekar, C. & Naik, S. (2023). So basically I have to speak less and give students some freedom? : how committing to a value influences a teacher's enactment of an inquiry-based science unit. *International Journal of Science Education*, 45(18), 1507-1531.

Textes officiels

- MEN (1997). *Organisation des enseignements du cycle central du collège*, BO n° 5 du 30 janvier.
- MEN (2005). *Programmes des collèges physique-chimie classe de cinquième*, BO n° 5 du 25 août.
- MEN (2008). *Programmes du collège, programme de l'enseignement de physique-chimie*.

Bulletin Officiel spécial de L'Éducation Nationale n°6 du 28 août.
MEN (2020). *Programme d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4)*,
annexe 3 au BOEN n°31 du 30 juillet.

Le travail personnel des primo-entrants à l'université. Enquête auprès d'étudiants de L1 de sciences et de leurs enseignants

Magali Gallezot¹, Isabelle Bournaud¹, Isabelle Gérard^{1,2}, Ghislaine Gueudet¹, Hervé Mathias¹,
Marie-Joëlle Ramage¹

1 : Laboratoire EST- DidaScO, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay

2 : Institut Lavoisier de Versailles, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Institut de Chimie -
CNRS Chimie

Résumé

L'entrée à l'université conduit l'étudiant à vivre une période de réorganisation de l'ensemble des sphères de son activité. Ces modifications d'agir, de juger, de travailler et de penser en général, et en fonction des disciplines s'inscrivent dans son processus d'acculturation souvent silencieux et dans une perspective d'autonomisation. Une enquête exploratoire a été menée sur les représentations des étudiants, les attentes des enseignants et les éventuels décalages concernant le travail de l'étudiant auprès des 1100 étudiants de L1 de l'UFR des sciences de Paris-Saclay et de leurs 240 enseignants. Seuls les résultats de l'analyse de la question portant sur le travail personnel sont présentés ici : il a été identifié comme associé majoritairement aux dimensions cognitive, méthodologique, psychoaffective et métacognitive de l'autonomisation. Des écarts sont pointés au sein de ces dimensions en termes de type de compétences identifiées et de leur rapport aux disciplines étudiées.

Mots-Clés : Travail personnel ; Autonomie ; Enseignement supérieur ; Disciplines scientifiques.

Le travail personnel des primo-entrants à l'université

Enquête auprès d'étudiants de L1 de sciences et de leurs enseignants

Introduction

Les études portant sur les pratiques d'étude (au sens d'activité d'étudier) soulignent que l'entrée à l'université conduit l'étudiant à vivre une période de réorganisation de ses conduites sociales et cognitives, mais aussi de l'ensemble des sphères de son activité (Alava & Romainville, 2001). Ces modifications d'agir, de juger, de travailler et de penser en général, et en fonction des disciplines (Millet, 2003), s'inscrivent dans un processus d'acculturation qui, souvent silencieux (Lahire, 1997), peut engendrer des difficultés si les étudiants ne parviennent pas à s'emparer des normes et règles explicites et implicites du monde universitaire.

Une partie des difficultés rencontrées par les étudiants serait liée à un décalage entre leurs attentes et la réalité universitaire notamment concernant les pratiques d'étude (Smith et Hopkins, 2005). Des observations en filière scientifique concluent qu'étudiants et enseignants ont une interprétation des exigences divergente. « Là où les enseignants voient une marge d'autonomie dans le travail, eux pensent qu'on leur laisse la possibilité de réduire leurs efforts » (Montfort, 2001, p. 74). D'une façon plus générale, les étudiants ne s'attendent pas à devoir acquérir autant de compétences en matière d'auto-régulation et d'apprentissage, ou s'acculturer d'un point de vue disciplinaire (Smith & Hopkins, 2005). De leur côté, des enseignants de physique déclarent, dans le cadre d'une étude (De Hosson et al, 2015), que les principales difficultés des étudiants proviennent de leur manque de travail ou d'autonomie et d'une insuffisance de maîtrise des outils ou concepts disciplinaires. Ainsi, des recherches montrent que si les enseignants considèrent que l'insuffisance des compétences d'apprentissage des étudiants de 1ère année pose problème, ils attendent néanmoins d'eux qu'ils soient autonomes dans leurs apprentissages dès le début (Mah & Ifenthaler, 2018).

Il pourrait ainsi exister des décalages entre les représentations des étudiants primo-entrants et les attentes des enseignants. Nous faisons l'hypothèse que ces décalages peuvent donner lieu à des malentendus potentiellement sources de difficultés pour les étudiants. Ils peuvent notamment jouer sur l'entrée dans les nouveaux contrats pédagogique et didactique de l'université.

Nous menons une étude exploratoire sur les représentations d'étudiants scientifiques de L1 et les attentes de leurs enseignants et les éventuels décalages concernant le travail et l'autonomie de l'étudiant. Dans cette communication, nous nous intéressons à la question des représentations des étudiants et attentes des enseignants concernant le travail personnel à l'université.

Cadre théorique et questions de recherche

En ce qui concerne l'autonomie, nous nous référons au travail de Albergo (2004). Celle-ci propose une modélisation d'une méta-compétence d'auto-direction de l'activité. Elle identifie, pour l'autonomisation dans le contexte de l'enseignement à distance, 7 domaines de compétences pré-requises ou à développer. Dans le contexte de l'entrée à l'université dans lequel l'étudiant doit « apprendre à s'autonomiser » (Paivandi, 2019, p. 6), et afin de penser les compétences à manifester ou à développer par des étudiants dans la réalisation de leur travail, il nous semble possible de retenir 6 des 7 domaines proposés : il s'agit des domaines Informationnel (In), Méthodologique (M), Social (S), Cognitif (C), Métacognitif (MC) et

Psycho-affectif (PA). Le domaine Technique, considéré comme trop spécifique, est remplacé par un domaine Institutionnel (I) (maîtriser l'environnement institutionnel).

Afin de souligner le caractère multidimensionnel des domaines de compétences à développer dans une perspective d'autonomisation, nous avons choisi de les désigner comme autant de dimensions de l'autonomie. Un des objectifs de ces travaux est de compléter ces dimensions par des sous-dimensions et catégories pertinentes dans le contexte de l'entrée à l'université ; le principe d'élaboration est précisé en méthodologie et détaillé ailleurs (Bournaud et al., 2024). Reprenant la distinction entre autonomie disciplinaire et transversale (El Hage et al., 2024 et Gueudet & Lebaud, 2019), nous cherchons à positionner les catégories de compétences identifiées du point de vue de leur dépendance aux disciplines étudiées : dans quelle mesure ces catégories mobilisent des ressources essentiellement transversales (compétences relevant d'une autonomie transversale), disciplinaires (compétences relevant d'une autonomie disciplinaire), ou transversales et disciplinaires (compétences relevant d'une autonomie mixte) ?

Nous nous centrons ici plus particulièrement sur le travail personnel des étudiants, c'est-à-dire, sur les tâches assignées aux étudiants (implicitement ou explicitement) et qui sont censées être effectuées en dehors des heures de cours (Cooper, 1989). Des quelques études menées sur ce sujet, il ressort, par exemple pour le secondaire, que la réussite scolaire en sciences semble corrélée positivement à certains aspects du travail personnel, notamment l'autonomie et un temps de travail s'inscrivant dans un intervalle en deçà et au-delà duquel la corrélation est négative (Fernandez-Alonso et al., 2015). Pour l'université, les étudiants les plus autonomes semblent opter pour un apprentissage en profondeur plus favorable à la réussite (Michaut, 2023). Penser le travail personnel dans une perspective d'autonomisation semble donc constituer un enjeu pour la réussite des étudiants.

Faisant l'hypothèse que les représentations des étudiants et attentes des enseignants concernant le travail personnel peuvent être décrites en termes de compétences relevant des différentes dimensions de l'autonomie et qu'il existe des décalages entre ces représentations et ces attentes, nous posons les questions suivantes :

1. Quelles sont les représentations des étudiants et les attentes des enseignants concernant le travail personnel de l'étudiant et quels décalages sont identifiables ?
2. Dans quelle mesure les catégories de compétences identifiées témoignent-elles de représentations ou d'attentes relevant d'une autonomie transversale, mixte ou disciplinaire ?

Méthodologie

Une étude exploratoire portant sur le travail étudiant a été menée par questionnaires comprenant une question ouverte sur le travail personnel (Tableau 1).

Etudiants de L1 des portails de l'UFR des sciences de Paris-Saclay (207 répondants sur 1100 étudiants) Décembre 2021	Enseignants titulaires de L1 (75 répondants sur 240 enseignants) Avril- mai 2023
Q2-Que signifie pour vous « travail personnel en dehors des cours à l'université » ? Expliquer vos propos en les illustrant sur des exemples personnels précis.	Q2-Que devrait faire selon vous un.e étudiant.e en termes de travail personnel en dehors des cours pour réussir sa formation ? (volume, types d'activités, organisation...)

Tableau 1 : Questions ouvertes posées aux étudiants et aux enseignants

Pour analyser les 2 corpus de verbatims, une analyse de contenu thématique a été réalisée en repérant dans les verbatims si au moins une unité d'analyse thématique (ua) relevait des différentes catégories de compétences identifiées a posteriori pour chacune des dimensions de l'autonomie. La grille d'analyse comprend a priori les 7 dimensions de l'autonomie correspondant aux différents domaines de compétences à déployer ou développer dans le contexte de l'entrée à l'université. Une démarche de thématisation en continu (Paillé & Mucchielli, 2021) a permis l'enrichissement de cette grille par la formulation (par induction) de catégories rendant compte des compétences repérées lors du codage des verbatims et de sous-dimensions les regroupant. La grille utilisée ici correspond au premier stade de finalisation de cette caractérisation des compétences.

Le nombre de verbatims identifiés comme relevant des différentes catégories, sous dimensions et dimensions a été quantifié. La fréquence d'évocation des catégories, sous-dimensions et dimensions dans les verbatims ainsi que la significativité des écarts de ces différentes fréquences entre les corpus étudiants et enseignants ont été calculées afin de discerner d'éventuels décalages.

Dans un second temps ont été distinguées des catégories regroupant des propos identifiés comme reflétant des compétences indépendantes, dépendantes des disciplines ou mixtes. Afin de pouvoir comparer l'importance des 3 types de catégories de compétences caractérisant respectivement l'autonomie transversale, disciplinaire ou mixte, nous avons calculé, pour chaque corpus, le nombre moyen de verbatims codés dans les catégories associées à chacun de ces types d'autonomie.

L'ensemble des fréquences des dimensions et sous dimensions repérées comme caractérisant les verbatims des deux corpus est présenté dans l'annexe 1.

Dans les verbatims des deux corpus ont majoritairement été identifiés des domaines de compétences correspondant aux dimensions Cognitive (89% des verbatims étudiants possèdent au moins 1 ua relevant de cette dimension ; 95% des verbatims enseignants), Méthodologique (79% ; 89%), Psycho Affective (76% ; 75%), Méta-Cognitive (35% ; 40%) et Sociale (15% ; 24%).

En revanche, les verbatims relevant des dimensions Institutionnelles (36% ; 7%) et Informationnelle (20% ; 4%) ont été identifiés plus fréquemment dans le corpus étudiant.

Le tableau de l'annexe 1 présente également le résultat du calcul rendant compte du caractère significatif des écarts entre les fréquences d'identification des dimensions et sous-dimensions dans les 2 corpus. Un signe positif devant la valeur indique que le % de verbatims possédant

au moins une ua relevant de telle dim. ou sous-dim. est significativement plus élevé (valeur absolue supérieure à 1,96) dans le corpus étudiant que dans le corpus enseignants. On constate que :

- davantage de verbatims enseignants portent sur des compétences en lien avec l'appropriation de la discipline (sous-dimension de la dimension C) ; la conscience de l'effort nécessaire et la gestion du temps (planification) (sous-dim, dim.M) ; la régulation des apprentissages (sous-dim, dim.MC) ; le travail collectif (sous-dim, dimS).
- davantage de verbatims étudiants portent sur des compétences associées au traitement de l'information (sous dim, dim.C) ; au fait de savoir travailler seul (sous-dim, dim.PA) ; aux dimensions institutionnelle (notamment s'adapter à l'enseignant et maîtriser les lieux (sous-dim)) et informationnelle.

Le tableau 2 présente un extrait du tableau de l'annexe 2 qui montre le positionnement en termes de dépendance aux disciplines enseignées de catégories de compétences les plus fréquentes (fréquence supérieure à 25% dans au moins un des deux corpus) identifiées dans les deux corpus et leur fréquence d'évocation pour chaque corpus.

Dimensions	Sous-dimensions	Autonomie transversale			Autonomie mixte			Autonomie disciplinaire		
		Fréquence des verbatims (%) évoquant les catégories données en exemple								
		catégorie	Et	En	catégorie	Et	En	catégorie	Et	En
C	Traiter l'information							Approfondir le cours	28	8
	S'approprier la discipline				Mémoriser les cours	57	77			
					S'entraîner, s'exercer	36	24	Préparer le TD/TP	38	29
					Réviser	30	16	Revoir séances de TD, TP	9	39
MC	Réguler son apprentissage							Travailler ses lacunes	18	29
PA	S'auto gérer	Se mettre au travail par soi même	59	69						
	Se motiver				Persévérer en relation avec un but	27	21			
M	Gérer son temps	Anticiper	41	41						
		Travailler régulièrement	21	44						
		Planifier	8	48						
	Avoir conscience de l'effort nécessaire	Travailler plus longtemps	5	41						

Tableau 2 : positionnement de différentes catégories de compétences en termes de dépendance aux disciplines enseignées

Résultats

La comparaison du nombre moyen de verbatims par corpus relevant de catégories de compétences identifiées comme indépendante, dépendante des disciplines ou mixte (Annexe 3) permet de pointer que :

- en moyenne, dans le corpus étudiant, les verbatims ont été identifiés comme

relevant d'abord de catégories de compétences mixtes (s'entraîner, réviser) (3.3) puis transversales (anticiper) (2.9) et enfin disciplinaire (approfondir le cours, préparer les TD/TP) (1.5), alors que dans le corpus enseignant ils ont été identifiés comme relevant d'abord de catégories de compétences transversales (travailler régulièrement, anticiper, planifier) (3.0) puis mixtes (mémoriser le cours) (2.9) et enfin disciplinaires (revoir les séances de TP/TD, travailler ses lacunes) (1.7).

- les nombres moyens pour les deux corpus des verbatims relevant des catégories disciplinaires (1.5/1.7) sont les plus faibles et l'écart le plus important porte sur les catégories mixtes (3.3/2.9).
- les nombres moyens pour les deux corpus des verbatims relevant des catégories transversales (2.9/3.0) et disciplinaires (1.5/1.7) sont assez proches même si ce ne sont pas les mêmes catégories qui sont identifiées majoritairement dans les deux corpus.

L'analyse des verbatims menée en mobilisant une grille des dimensions de l'autonomisation (inspirée d'Albero, 2004) nous semble permettre une identification de catégories de compétences communes ou contrastées que respectivement les étudiants ou les enseignants de notre corpus associent au « travail personnel à l'université ». Des écarts ont pu être pointés suggérant de potentiels malentendus autour des compétences à déployer pour réaliser le travail personnel attendu par les enseignants et contribuant à un apprentissage performant.

L'ajout d'un second niveau d'analyse en termes d'autonomie disciplinaire, transversale ou mixte, nous semble permettre de nouvelles distinctions au sein de ces catégories de compétences. L'évocation *a priori* différenciée des catégories de compétences relevant d'une autonomie mixte et dans une moindre mesure disciplinaire suggère peut-être une difficulté des étudiants à penser leur travail personnel dans le contexte disciplinaire universitaire.

Références bibliographiques

- Alava, S., & Romainville, M. (2001). Les pratiques d'étude, entre socialisation et cognition. *Revue française de pédagogie*, 136(1), 159-180.
- Albero, B. (2004). L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages. In I. Saleh, D. Lepage, S. Bouyahi (éds.). *Les TIC au cœur de l'enseignement supérieur, Actes de la journée d'étude du 12 novembre 2002*, Laboratoire Paragraphe, Université Paris VIII-Vincennes-St Denis, collection Actes Huit, p. 139-159.
<https://edutice.archivesouvertes.fr/edutice00000270/document>
- Bournaud, I., Gallezot, M., Gérard, I., Gueudet, G., Mathias, H., Pamphile, P., Ramage, M.-J. (2024). *Représentations du métier d'étudiant-e : convergences et/ou divergences entre les acteurs-trices ?* Communication présentée au REF 2024, Fribourg.
- Cooper, H. (1989). Synthesis of research on homework. *Educational leadership*, 47(3), 85-91.
- De Hosson, C., Décamp, N., Morand, E., & Robert, A. (2015). Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique : Un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (11), 161-196.
- El Hage, S., Boilevin, J.-M., Gueudet, G., & Lebaud, M.-P. (2024). Soutenir le choix de ressources pour des usages du numérique favorisant l'autonomie des élèves : Mise en regard d'une grille d'analyse dans deux disciplines. *Recherches en éducation*, 55.

<https://doi.org/10.4000/ree.12437>

- Farah, L. (2015). Students' personal work in mathematics in French business school preparatory classes. In CERME 9-Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, 2096-2102.
- Fernández-Alonso, R., Suárez-Álvarez, J., & Muñiz, J. (2015). Adolescents' homework performance in mathematics and science: personal factors and teaching practices. *Journal of educational psychology*, 107(4), 1075.
- Gueudet, G., & Lebaud, M. P. (2019). Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique 1. Différentes dimensions de l'autonomie. *Petit x*, 109, 3-16.
- Lahire, B. (1997). – *Les manières d'étudier*. Paris : La Documentation française.
- Mah, D. K., & Ifenthaler, D. (2018). Students' perceptions toward academic competencies: The case of German first-year students. *Issues in Educational Research*, 28(1), 120-137.
- Michaut, C. (2013). État des recherches en économie et en sociologie sur la réussite universitaire. *Recherches en éducation*, (52).
- Millet, M. (2003). *Les étudiants et le travail universitaire : étude sociologique*. Presses Universitaires Lyon.
- Montfort, V. (2000). Normes de travail et réussite scolaire chez les étudiants en première année de sciences. *Sociétés contemporaines*, 40(1), 57-76.
- Paillé, P., & Mucchielli, A. (2021). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales-5e éd.* Armand Colin
- Paivandi, S. (2019). *Le défi de la transition entre secondaire et supérieur. Construisons des ponts*. Rapports du CNESEO. https://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2019/08/190801_Cnesco_Post-baccalaureat_Paivandi.pdf
- Smith, K., & Hopkins, C. (2005). Great expectations: Sixth-formers' perceptions of teaching and learning in degree-level English. *Arts and Humanities in Higher Education*, 4(3), 304-318.

Annexes

Annexe 1

Tableau présentant

- la fréquence des verbatims étudiants (Et) et enseignants (En) contenant au moins une des ua identifiées comme relevant des différentes dimensions et sous-dimensions
- le calcul de significativité des écarts de fréquence

Dimension (dim.) et sous dimensions (sous-dim.)	Etudiants	Enseignants	Significativement plus élevé chez Les étudiants (>1.96) Les enseignant (<-1.96)
	Fréquence des verbatims (%) identifiés comme relevant de telle dim. ou sous-dim.		
Cognitive (C)	89.37	94.67	-1.36
Traiter l'information	55.07	41.33	2.04
S'approprier la discipline	81.16	92.00	-2.20
Meta- cognitive (MC)	34.78	40.00	-0.81
Réguler son apprentissage	19.81	32.00	-2.15
Réguler ses pratiques	18.84	17.36	0.11
Psycho affective (PA)	75.85	74.67	0.20
S'auto gérer	64.25	70.67	-1.00
Se construire	8.21	4.00	1.22
Gérer les émotions, les difficultés	36.75	24.00	1.86
Se motiver	6.28	5.33	0.30
Adopter une attitude favorable	7.73	1.33	1.99
Méthodologique (M)	79.23	89.33	-1.95
S'organiser	19.32	10.67	1.71
Gérer son temps	55.56	74.67	-2.90
Mettre en place des stratégies de travail	32.37	28.00	0.70
Avoir conscience de l'effort nécessaire	23.67	42.67	-3.11
Sociale (S)	15.46	24.00	-1.66
Communiquer pour apprendre	12.56	12.00	0.13
Travailler collectivement	4.83	16.00	-3.09
S'inscrire dans un réseau	2.90	0.00	1.49
Institutionnelle (I)	36.23	6.67	4.87
S'adapter à l'enseignant	22.2	4.00	3.57
Maitriser le temps	1.90	2.70	-0.38
Maitriser les technologies	3.40	0.00	1.61
Maitriser les formations	1.40	0.00	1.05
Maitriser les lieux	13.00	1.30	2.91
Informationnelle (In)	19.81	4.00	3.23

Annexe 2

Exemple de positionnement des différentes catégories de compétences en termes de dépendance aux disciplines enseignées (dont la fréquence pour l'un ou l'autre corpus est supérieure à 3 %).

Dim.	Sous-dimensions	Autonomie transversale			Autonomie mixte			Autonomie disciplinaire		
		Fréquence des verbatims (%) pour les catégories données en exemple								
		catégorie	Et	En	catégorie	Et	En	catégorie	Et	En
C	Traiter l'information				Faire des fiches	12	21	Approfondir le cours	28	8
								Trier l'information	12	12
	S'approprier la discipline				Mémoriser les cours	57	77	Préparer le TD/TP	38	29
					S'entraîner, s'exercer	36	24	Comprendre le cours, les TD, TP	17	9
					Réviser	30	16	Revoir séances de TD, TP	9	39
							Faire le lien cours/TD/TP	6	16	
MC	Réguler son apprentissage							Travailler ses lacunes	18	29
	Réguler ses pratiques				Adapter ses méthodes de travail	12	3			
					Auto évaluer ses stratégies	8	15			
PA	S'auto gérer	Se mettre au travail par soi même	59	69						
	Se construire	Se développer en tant qu'individu	9	1						
	Gérer les difficultés	Surmonter des difficultés, émotion	8	3						
	Se motiver				Persévérer en relation avec un objectif	27	21			
					Avoir un but, un objectif	24	3			
Adopter une attitude favorable				Savoir travailler seul	3	1				
M	S'organiser	Choisir un environnement adapté (BU)	16	3						
	Gérer son temps	Anticiper	41	41						
		Travailler régulièrement	21	44						
		Planifier	8	48						
	Mettre en place des stratégies de travail				Utiliser des ressources supplémentaires	10	11	Travailler sur des ressources recommandées	15	13
					Lire des livres, regarder des vidéos	9	12			
Avoir conscience de l'effort nécessaire	Produire plus de travail	17	0							
	Travailler plus longtemps	5	41							
S	Communiquer pour apprendre				Demander de l'aide	12	3			
					Poser des questions	4	9			
	Travailler collectivement				Savoir travailler collectivement	4	16			
I	S'adapter à l'enseignant				Respecter les attentes de l'En	13	3			
	Maîtriser les lieux	Se les approprier	13	1						
II	Informationnelle (In)				Faire des recherches en lien avec le cours	15	1			

Annexe 3

Nombre moyen de verbatim par type d'autonomie et par corpus

Nombre moyen de verbatims relevant de...					
Autonomie transversale		Autonomie mixte		Autonomie disciplinaire	
Et	En	Et	En	Et	En
2.9	3.0	3.3	2.8	1.5	1.7

Évolution de l'épistémologie pratique d'enseignants débutants dans le contexte d'un dispositif de formation par simulation en sciences

Claudia Küll^{1,2}, Corinne Marlot^{1,2}, Ludovic Morge²

1 : Haute École Pédagogique de Vaud, Suisse

2 : Laboratoire Acté, Université Clermont Auvergne

Résumé

Les difficultés à gérer les hypothèses des élèves dans le contexte de la démarche d'investigation scientifique en classe de sciences (Marlot & Morge, 2016) s'expriment notamment lors des phases de négociation (Margolinas, 2004). L'enjeu de cette recherche est de mettre au jour de possibles évolutions des éléments d'épistémologie pratique (EP) des enseignants débutants pendant le dispositif de formation par simulation (DFS). Ce projet de recherche doctoral prend appui sur une formation auprès d'enseignants débutants (ED) qui cible l'acquisition de compétences concernant la gestion d'hypothèses d'élèves, au premier degré, pour la thématique de la circulation sanguine. Sont comparées les réponses d'un ED avant et après le DFS, à partir de 4 indicateurs : les facettes de savoir (Tiberghien et al., 2008), la focalisation de la question de départ (Orange, 2012), les tâches épistémiques (Malkoun & Tiberghien, 2008), et les 6 domaines de cognition (Anderson & Krathwohl, 2014). Les résultats nous ont permis de voir une tendance évolutive des indicateurs. À partir de certains éléments d'EP mis au jour dans cette étude, nous posons quelques conjectures sur le système de représentation de l'enseignement de sciences de cet ED.

Mots-Clés : Démarche d'investigation scientifique ; Dispositif de formation par la simulation ; Hypothèse ; Enseignants débutants.

Évolution de l'épistémologie pratique d'enseignants débutants dans le contexte d'un dispositif de formation par simulation en sciences

Introduction

L'enseignement scientifique primaire a subi un changement d'orientation, où les élèves construisent activement leurs propres représentations des activités et des démarches scientifiques (Boilevin et al., 2016).

Dans cette focale, des compétences telles que la prise de décisions, la résolution de problèmes et l'élaboration d'hypothèses deviennent des éléments essentiels de la construction des connaissances sur le monde naturel. Ces compétences sont guidées par des principes qui favorisent la construction de preuves tangibles (Partnership for 21st Century Skills, 2015).

Dans le domaine de la didactique des sciences, l'enseignement axé sur la démarche d'investigation scientifique à l'école (DIS) vise à familiariser les élèves avec les modes de pensée, paroles et agir caractéristiques de l'activité (du) scientifique (Bernié, 2002). Ce type d'enseignement requiert des enseignants qu'ils mobilisent différentes compétences, notamment la capacité à réguler les interactions avec les élèves lors de la construction d'explications.

Cadre théorique et problématique

Plusieurs études (Marlot & Morge, 2016; Prieur et al., 2016) montrent que les difficultés de mise en œuvre de la démarche scientifique en classe sont liées aux conceptions épistémologiques des enseignants¹ et/ou à la maîtrise des contenus scientifiques et/ou à la régulation des interactions avec les élèves.

Par ailleurs, le système de représentation de l'enseignement scientifique des enseignants débutants (ED) en phase d'insertion professionnelle est en développement. En effet, ils n'ont pas encore suffisamment d'expérience pour soutenir de manière fondée et formalisée leurs choix pratiques et didactiques. Huberman (1989) appelle « choc du réel » (p.13) l'étape de l'insertion professionnelle où les enseignants débutants sont confrontés aux réalités d'action, sans avoir l'expérience nécessaire pour faire face aux difficultés liées à l'enseignement.

Une notion, issue de la TACD (Théorie de l'action conjointe en didactique)(Sensevy & Mercier, 2007), l'épistémologie pratique (EP) du professeur (Sensevy, 2011); Marlot, Boivin-Delpieu & Küll, sous presse) pourrait nous permettre d'identifier certains des éléments de ce système de représentation. En effet, l'EP est l'ensemble des théories et représentations de l'enseignant pour ce qui est de ses connaissances sur les savoirs à enseigner, l'enseignement de ces savoirs, l'apprentissage et ses difficultés, qui sont activées lors de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une situation d'enseignement- apprentissage. L'EP oriente les choix didactiques liés à la pratique en classe, mais elle naît également pour partie de l'action conjointe in situ. Elle relève donc de ce qui détermine l'action et permet de mieux comprendre les logiques d'action des enseignants.

Dans cette étude, nous avons choisi de travailler la gestion par l'ED des réponses des élèves lors de la co-construction d'hypothèses en classe. En effet, l'élaboration des hypothèses est une pratique caractéristique de l'activité (du) scientifique qui peut particulièrement poser des difficultés de régulation surtout pour les ED (Marlot & Boilevin, 2021). Il s'avère que la gestion des réponses peut être considérée comme une phase de conclusion, au sens de Morge (2016), qui la considère comme le « moment où l'enseignant et les élèves doivent décider de

la recevabilité d'une proposition d'élève » (p.147)².

Notre dispositif de recherche s'appuie sur un dispositif de formation par la simulation (DFS) à la co-construction d'hypothèses (recevables) en classe.

La question de recherche travaillée dans cette présentation vise à comprendre quels éléments de l'EP, liés à la gestion d'hypothèses d'élève, sont susceptibles d'évoluer grâce à la mise en œuvre de ce dispositif.

Méthodologie de recueil de données

Selon Leblanc et al., 2008 (p.62) le DFS permet la construction d'une expérience « suffisamment » analogue à celle d'une situation réelle (tout au moins dans ses dimensions cognitives) tout en manipulant des paramètres de la situation favorisant l'apprentissage.

Le DFS invite les enseignants à expliciter leurs raisonnements lors de différents moments de régulation avec les élèves. Ainsi, le milieu de la formation (le dispositif dans ses différentes étapes en appui sur des situations d'enseignement simulées) va mettre en résonance des éléments de connaissance liés à l'épistémologie pratique des ED.

En effet, ces situations sont susceptibles d'amener les ED à coconstruire de nouvelles connaissances qui seront élaborées lors de décisions qu'ils sont contraints de prendre pendant leurs interventions simulées (Sensevy, 2007).

Étant donné que certaines déterminations de la pratique enseignante contraignent les choix didactiques en situation, et que l'EP permet de mettre au jour certaines de ces déterminations, ce dispositif a été pensé et construit afin de simuler – chez les ED - une situation de régulation, sous forme de feedback, pour faire évoluer le raisonnement des élèves de l'incertitude « vers une certitude raisonnée » (Sensevy, 2011, p.199).

Le logiciel de simulation qui fait partie du DFS prend appui sur une séquence didactique portant sur le thème de la circulation sanguine.

Cette séquence a été mise au point en amont avec des enseignants experts, et des chercheurs en didactique qui partagent le cadre théorique et la problématique de recherche. En ce sens, cette séquence didactique répond aux critères d'une séquence de type forcée (Orange, 2010). La mise en œuvre de cette séquence forcée dans des classes ordinaires a permis de récolter des hypothèses d'élèves qui sont ensuite implémentées dans le logiciel de simulation. Ce dernier invite les enseignants débutants à argumenter la validation ou la non-validation de ces hypothèses. Le dispositif de formation s'appuyant sur le logiciel de simulation se déroule en trois moments, cf. le tableau 1.

Cette communication se repose sur les activités proposées au 1er et au 3e moment du DFS, mises en gras dans le tableau 1 qui suit, appelées respectivement pré-test et post-test.

¹ Pour faciliter la lecture, le masculin générique est considéré comme inclusif pour l'ensemble du texte.

² Pour être considéré comme recevable, la proposition de l'élève doit être pertinente par rapport à la tâche

Moment du DFS	Proposition	Activité(s)	But
1^{er} moment	Prise de connaissance globale de la séquence didactique suivie d'une première activité (le pré-test) .	Analyser un exemple d'hypothèse émise par des élèves en situation de classe ordinaire (cf. figure 1).	Produire des données sur les choix argumentés des ED quant à leurs analyses de cette production d'élève (cf. figure 1) avant de les familiariser avec les enjeux scientifiques et didactiques liés à la séquence didactique sur la circulation sanguine (relevés à partir de l'analyse a priori réalisée par le chercheur). ³
2^e moment	En binômes, les ED analysent des hypothèses des élèves lors de la simulation.	L'interface de la simulation demande aux ED certaines prises de décisions concernant la recevabilité et la validité de ces productions, en argumentant leurs choix.	Récolter leurs choix didactiques en situation pendant l'utilisation du simulateur pour comprendre quels sont les éléments de l'EP des enseignants qui sont mobilisés pendant la simulation croisée.
3^e moment	Débriefing, en collectif, entre les enseignants et la formatrice-chercheuse par rapport à leurs choix initiaux et à mettre au jour des éventuels déplacements pendant cette réflexion collective. Il est suivi de la dernière activité (le post-test) .	Analyser à nouveau les mêmes 2 questions posées lors du pré-test (cf. figure 1), en prenant en considération les contenus abordés (notamment les arguments et contre-arguments utilisés par les enseignants pour conclure sur la recevabilité et à la validité des hypothèses).	Produire des données sur les choix argumentés des ED quant à leurs analyses de cette production d'élève (cf. figure 1) après la prise de connaissance avec les enjeux scientifiques et didactiques liés à la recevabilité et à la validité des hypothèses des élèves.

Tableau 1 : Les 3 moments du dispositif de formation par la simulation.

³ Un exemple de réponse d'un des ED est présenté lors de résultats et analyses, cf. figures 2 et 3.

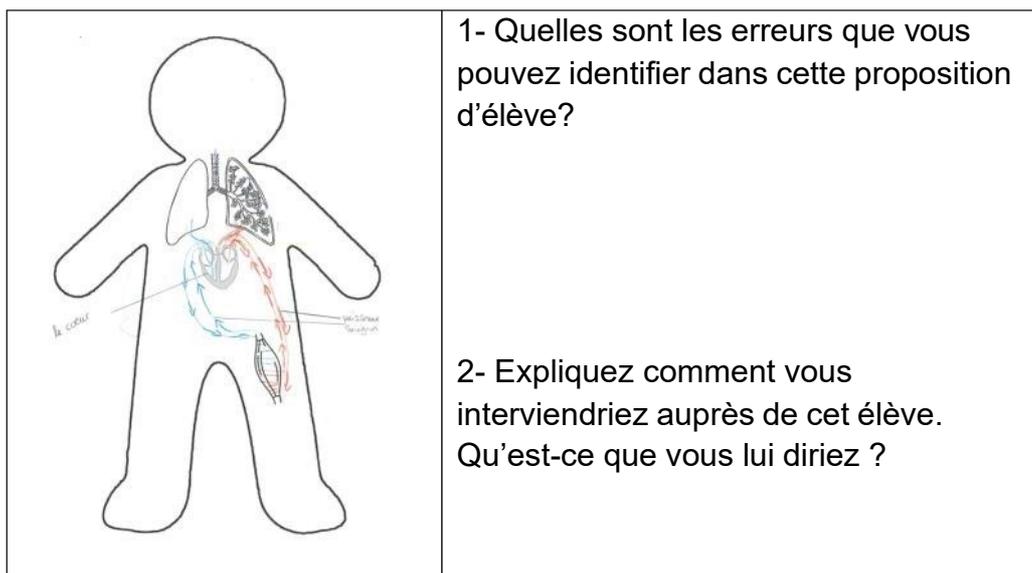


Figure 1 : proposition d'élève soumise à l'analyse individuelle dans le cadre des activités 1 et finale

Dans le contexte de la recherche doctorale, cette analyse comparative pré-test/post-test vise à sélectionner parmi les ED de notre échantillon des profils qui montrent des évolutions contrastées de leur EP, afin de produire ensuite une analyse plus fine des raisons de ces déplacements plus ou moins marqués.

Méthodologie d'analyse

Cette étude se propose donc de mettre en lien les réponses des ED au pré-test et au post-test pour saisir des possibles évolutions des éléments d'EP.

Pour accéder à ces éléments d'EP le protocole propose d'engager une analyse à un grain mésoscopique afin de comparer les réponses des ED avant et après le DFS à partir d'un ensemble d'indicateurs. Les 4 indicateurs choisis nous permettent de conjecturer sur le système de représentation de l'enseignement de sciences pour les ED, notamment, ses connaissances sur les savoirs à enseigner (l'ancrage épistémique) et à l'enseignement de ces savoirs (la place accordée aux raisonnements des élèves).

Pour saisir l'ancrage épistémique des ED, nous prenons appui sur 2 notions complémentaires issues de la didactique des sciences. Les facettes de savoir « visent à interpréter le sens des énoncés effectifs à partir d'un catalogue d'énoncés construit à la fois a priori (à partir du savoir à enseigner) et dans l'aller-retour avec les données » (Tiberghien et al., 2008, p.72). La focalisation de la question de départ se dirige vers « l'importance de la question puisqu'elle doit conduire la classe à travailler un problème scientifiquement pertinent. » (Orange, 2012, p. 18). Nous l'avons reformulé de manière à pouvoir identifier le type de focale adopté, selon le savoir ciblé par les ED lors de ses interactions avec les élèves (virtuels) :

- (1) La focale anatomique a un caractère très descriptif (p. ex. : le cœur et les vaisseaux sanguins font partie du système circulatoire),

- (2) La focale sur le trajet demande d'une explication surtout liée au fonctionnement (p. ex. : le sang riche en dioxygène sort du cœur gauche en direction aux organes),
- (3) La focale physiologique demande un raisonnement explicatif en reliant le caractère de fonctionnement à celui de la fonction (p. ex. : le sang riche en dioxygène sort du cœur gauche en direction aux organes pour les approvisionner en nutriments dont ils ont besoin).

Pour saisir la place accordée aux raisonnements des élèves, nous nous appuyons d'une part, sur les tâches épistémiques « qui correspondent à de petits éléments de savoir exprimés par une phrase simple » (Malkoun & Tiberghien, 2008, p. 72), et d'autre part sur les 6 domaines du procès cognitif, qui mettent en évidence des processus de pensée regroupés en dans un continuum de complexité cognitive croissante des capacités de réflexion de niveau inférieur aux capacités de réflexion de niveau supérieur, à savoir: mémoriser, comprendre, appliquer, analyser, évaluer et créer (Anderson & Krathwohl, 2014).

Résultats et analyse

L'ED qui fait l'objet de cette analyse a suivi le DFS dans son intégralité (cela veut dire qu'il a participé de chaque activité proposée dans chacun des moments du DFS). Il affirme n'avoir pas eu de formation scientifique académique, mais avoir suivi 25 heures (environ) de formation continue par rapport à la démarche scientifique à l'école.

Lors de ces réponses au pré-test, à la question 1 (cf. figure 2) il met l'accent sur l'importance d'utiliser un bon lexique. Nous constatons qu'au départ, son ancrage épistémique n'est pas très en lien avec les différentes facettes de savoir identifiées lors de l'analyse a priori. En effet, il repère seulement 1 erreur sur un total de 12- et sa focale d'identification de l'erreur de l'élève reste plutôt liée à la dimension anatomique-descriptive :

1- Quelles sont les erreurs que vous pouvez identifier dans cette proposition d'élève?

L'élève légende des vaisseaux sanguin mais ne mentionne pas les artères participant à la circulation sanguine.

2- Expliquez comment vous interviendrez auprès de cet élève. Qu'est-ce que vous le diriez ?

Nous pourrions travailler sur un schéma de bonhomme correct que l'élève pourrait comparer avec le sien afin d'identifier ce qu'il a oublié.

Figure 2 : Les réponses de l'ED lors du pré-test

Concernant la deuxième question (cf. figure 2), l'ED vise à retravailler la proposition de l'élève en le comparant à un schéma correct. Les tâches épistémiques mises en jeu sont liées à la comparaison et à susciter, au travers de la mémorisation, l'identification des oublis. Dans les 6 domaines de cognition, ces deux tâches peuvent être placées respectivement au niveau 2 (comprendre) et 1 (identifier). Ainsi, par rapport à la place accordée aux raisonnements des élèves, nous constatons que les propositions de cet ED sélectionnent des capacités de bas niveau dans l'échelle de Anderson & Krathwohl (2014).

À la fin du DFS, lors du post-test, il abandonne les focales du début pour se diriger vers le trajet du sang dans le corps en prenant appui sur les besoins du muscle pour arriver à construire une compréhension systémique de la circulation sanguine. À la question 1 (cf. figure 3) son ancrage épistémique a légèrement évolué, en repérant 3 erreurs sur 12, ainsi que sa focale d'identification de l'erreur de l'élève qui passe à une dimension plus physiologique (fonctionnement - fonction) liée au besoin du muscle en nutriments.

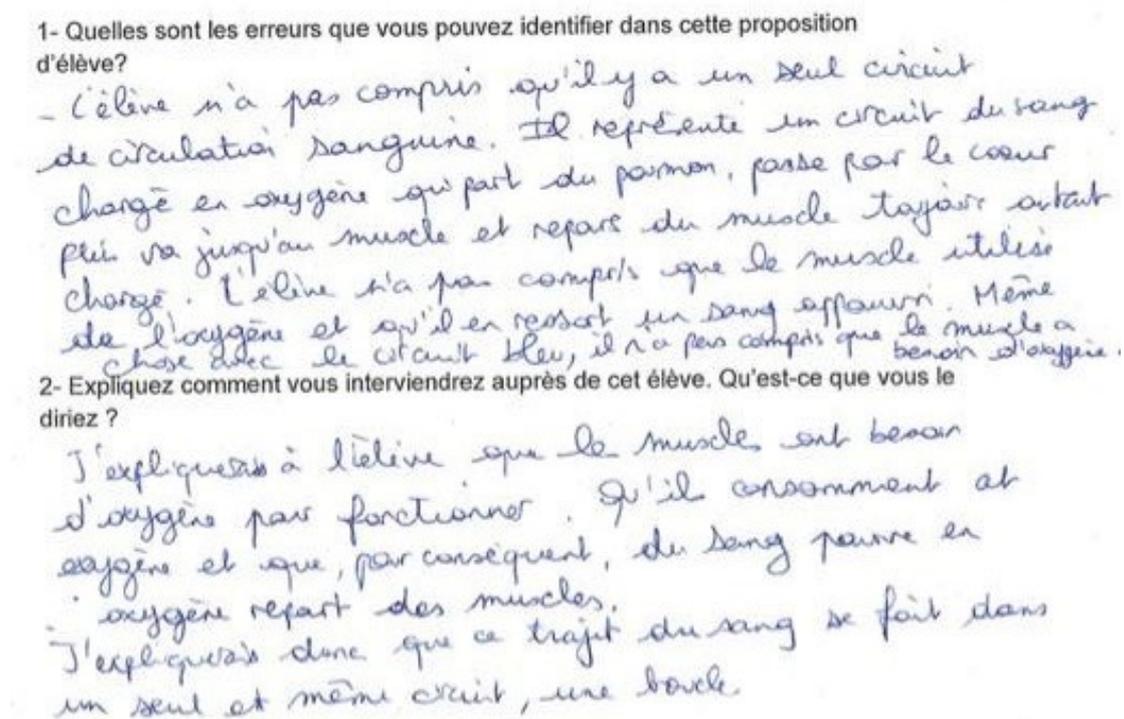


Figure 3 : Les réponses de l'ED lors du post-test

Lors de la deuxième question (cf. figure 3), l'ED maintient sa visée liée aux besoins du muscle pour construire le raisonnement d'une compréhension systémique de la circulation sanguine. Les tâches épistémiques mises en jeu sont liées à une explication pour que l'élève puisse arriver à la déduction du fonctionnement systémique de la circulation ainsi qu'à l'énonciation du trajet sanguin. Dans les 6 domaines de cognition, ces deux tâches peuvent être placées au niveau 4 (analyser). Ainsi, par rapport à la place accordée aux raisonnements des élèves, nous constatons que les propositions de cet ED suscitent de capacités plus complexes de raisonnement.

Cette analyse nous a permis de voir une tendance évolutive des indicateurs liés à l'ancrage épistémique et à la place accordée aux raisonnements des élèves. Dans le contexte de l'EP, ces indicateurs nous permettent de conjecturer sur le système de représentation de l'enseignement de sciences de cet ED au travers de l'inférence des certains éléments de son EP.

Ainsi, lors du pré-test, les éléments d'EP qui orientent la logique d'action de l'ED dans sa pratique en classe peuvent être inférés comme :

Pour enseigner le système circulatoire, il est impératif de s'appuyer sur un lexique adéquat.

La compréhension des erreurs de l'élève passe par une comparaison de sa proposition à un schéma correct.

Lors du post-test le système de représentation qui soutient ses choix didactiques se déplace vers l'utilisation d'un argumentaire lié aux besoins du muscle qui demande à l'élève de mobiliser des capacités plus complexes de raisonnement. Un des éléments de son EP pourrait alors être le suivant :

La compréhension systémique du trajet de la circulation sanguine implique de raisonner sur les besoins du muscle.

Nous pouvons – à ce premier stade de nos analyses - faire l'hypothèse que ce changement a été favorisé par le DFS qui pourrait favoriser l'évolution de certains éléments d'EP.

Éléments de conclusion

L'exemple donné dans cette présentation illustre une tendance qui montre une certaine évolution de l'EP d'un ED à travers le DFS. De manière plus générale, grâce aux 4 indicateurs mobilisés, nous avons pu choisir des profils d'ED qui montrent des écarts assez contrastés.

Par la suite, nous chercherons à comprendre les conditions qui ont permis cette évolution, en analysant les données recueillies pour l'ensemble du DFS et en procédant à des analyses à un grain plus microscopique.

Bibliographie

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2014). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing : A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Bernié, J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : Un apport à la didactique comparée ? *Revue française de pédagogie*, 77- 88. Persée <https://www.persee.fr>.
- Boilevin, J.-M., Delsérieys Pedregosa, A., Brandt-Pomares, P., & Coupaud, M. (2016). Démarches d'Investigation : Histoire et enjeux. In C. Marlot & L. Morge, *L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire* (p. 23- 44). PUR.
- Huberman, M. (1989). *La vie des enseignants : évolution et bilan d'une profession*. Neuchâtel et Niestlé.
- Leblanc, S., Ria, L., Dieumegard, G., Serres, G., & Durand, M. (2008). Concevoir des dispositifs de formation professionnelle des enseignants à partir de l'analyse de l'activité dans une approche enactive. *Activités*, 05(1), Article 1. <https://doi.org/10.4000/activites.1941>
- Malkoun, L., & Tiberghien, A. (2008). Objets de savoir et processus scientifiques en jeu dans les productions discursives en classe de physique de lycée. In *Processus interactionnels et situations éducatives* (p. 67- 88). De Boeck Supérieur; Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/dbu.filli.2008.01.0067>

- Margolinas, C. (2004). *Points de vue de l'élève et du professeur. Essai de développement de la théorie des situations didactiques* [Université de Provence - Aix-Marseille I]. Hal. <https://theses.hal.science/tel-00429580>
- Marlot, C. & Boilevin, J. M. (2021). Le rôle des connaissances de référence dans la gestion des phases de débat scientifique à l'école primaire en Suisse romande. *RDST*, 23, 183-207. <https://journals.openedition.org/rdst/3844>
- Marlot, C., & Morge, L. (Éds.). (2016). *L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire*. PUR. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/1596>
- Marlot, C., Boivin-Delpieu, G. & Küll, C. (sous presse). Le rôle de l'épistémologie pratique du professeur dans la mobilisation de certaines normes auto prescrites, en classe de sciences au premier degré. *Revue Éducation & didactique*.
- Morge, L. (2008). *De la modélisation didactique à la simulation sur ordinateur des interactions langagières en classe de sciences*. [Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II]. <https://theses.hal.science/tel-00528874>
- Morge, L. (2016). Les difficultés des enseignants à gérer les phases de conclusion au cours d'une investigation. In C. Marlot & L. Morge (Eds), *L'investigation scientifique et technologique : comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire* (pp. 147-159). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Orange, C. (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier enseignant. *Recherches en éducation*, 73- 85.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences : Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. De Boeck. <https://hal.science/hal-01190778>
- Paindorge, M., Monod-Ansaldi, R., Fontanieu, V., & Prieur, M. (2016). Les enseignants de sciences et technologie face aux démarches d'investigation prescrites dans le secondaire. In Marlot, Corinne & Morge, Ludovic, *L'investigation scientifique et technologique : Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire* (p. 79- 90). PUR.
- Partnership for 21st Century Skills. (2015). Framework for 21st Century Learning. The Partnership for 21st Century Skills. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000242996>
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. De Boeck.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble. L'action conjointe du professeur et des élèves dans le système didactique*. (p. 230). Presses Universitaires de Rennes. <https://shs.hal.science/halshs-00856456>
- Tiberghien, A., Malkoun, L., & Seck, M. (2008). Analyse des pratiques de classes de physique : Aspects théoriques et méthodologiques. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 19(1), 61- 79. <https://doi.org/10.3406/dsedu.2008.1131>

Dissolution des solides ioniques

Arnaud Lucas¹, Isabelle Kermen¹, Sophie Canac²

1 : Centre de Recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique, Université de Brest, Université de Rennes

2 : Laboratoire de Didactique André Revuz, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne

Résumé

L'enseignement de la dissolution des solides conduit, en classe de première, à l'élaboration d'un modèle macroscopique de la dissolution des solides ioniques pouvant être représenté par une équation de dissolution. Cette communication étudie la capacité des élèves à écrire l'équation de dissolution du chlorure de cuivre et à s'aider de cette équation au moment d'utiliser le modèle afin de prédire les concentrations ioniques, que la solution soit saturée ou non. Les résultats montrent que peu d'élèves parviennent à écrire l'équation de dissolution attendue. Par ailleurs, l'écriture d'une équation représentant un modèle susceptible de permettre de déterminer les concentrations ioniques, ne garantit pas une mise en oeuvre du modèle. À l'inverse, il semble qu'un élève qui ne maîtrise pas l'équation de dissolution peut néanmoins disposer d'un modèle capable de prédire les concentrations ioniques, que la dissolution soit totale ou que la solution finale soit saturée.

Mots-Clés : Didactique de la chimie ; Dissolution des solides ; Solides ioniques ; Équation de dissolution ; Registres de la chimie.

La dissolution des solides ioniques en classe de première

Écriture et utilisation de l'équation de dissolution

Introduction

La lecture des documents institutionnels français montre que l'enseignement de la dissolution des solides, initié en cycle 3, trouve en classe de première une forme d'aboutissement avec l'élaboration d'un modèle scolaire macroscopique, et sa représentation symbolique sous forme d'équation (BOEN, 2019, 2020). Cette communication présente quelques résultats issus d'un travail portant sur l'écriture de l'équation de dissolution d'un solide ionique, et son utilisation par des élèves de première, inscrits en spécialité physique chimie.

Cadre d'analyse

Modélisation et savoir chimique

L'enseignement des sciences à l'école accorde une place essentielle à la modélisation qui, dans ce cadre, peut être principalement entendue de quatre manières différentes : construire un modèle, intégrer des faits à un modèle dans le but d'en proposer une explication, ajuster un modèle afin de prendre en compte un phénomène nouveau ou appliquer un modèle dans la cadre d'un apprentissage particulier (Adúriz-Bravo, 2013), ce dernier aspect consistant essentiellement à interpréter ou prévoir certains phénomènes et/ou grandeurs (Soler, 2013).

En France, cette tendance se traduit par une transposition des travaux de Tiberghien et Vince (2005), prenant la forme dans les programmes d'une référence aux deux mondes : celui « des objets, des expériences, des faits et celui des modèles et des théories » (BOEN, 2019, p. 1). On peut également retenir que « la valeur du modèle tient exclusivement au rôle qu'il joue dans la recherche d'une solution à un problème pour lequel il a été construit » (Morge & Doly, 2013, p. 154).

Parmi les propositions visant à articuler modèles et savoirs chimiques, le cadre proposé par Kermen (2016) subdivise le registre empirique en deux sous-registres – celui de la réalité perçue et celui de la réalité idéalisée – tout en distinguant, dans le registre des modèles, échelles macroscopique et microscopique. Le langage symbolique, qui ne peut être réduit à un seul registre ou une échelle, complète l'ensemble en tant que méta-niveau de savoir (Canac & Kermen, 2018). C'est ce cadre qui est mis en œuvre ici pour décrire les savoirs scolaires liés à la dissolution.

La dissolution des solides ioniques comme savoir à enseigner

La dissolution d'un solide ionique dissimule plusieurs difficultés pour qui souhaite entreprendre son enseignement. La première tient à la nature de la transformation (Earley, 2005). La substance solide n'étant plus visible à l'issue de la dissolution, il peut y avoir confusion avec une transformation chimique au cours de laquelle au moins un réactif disparaît entièrement. Pour autant, la dissolution ne peut être modélisée par une réaction chimique puisqu'il n'est pas possible de définir de proportions stœchiométriques entre solvant et solide à dissoudre (Kermen, 2019). Les programmes d'enseignement ne semblent pas prendre la pleine mesure de cette difficulté, en employant l'expression « équation de

Dissolution des solides ioniques
réaction de dissolution » et en proposant de « modéliser, au niveau macroscopique, la dissolution d'un composé ionique dans l'eau par une équation de réaction, en utilisant les notations (s) et (aq) » (BOEN, 2019, p. 7). En dépit de cette formulation discutable, ce que les programmes nomment réaction de dissolution remplit deux fonctions essentielles d'un modèle : interpréter la dissolution et prévoir les concentrations ioniques. Ainsi, à l'image de ce que propose Kermen (2018) pour les transformations chimiques, il est possible d'élaborer la figure 1.

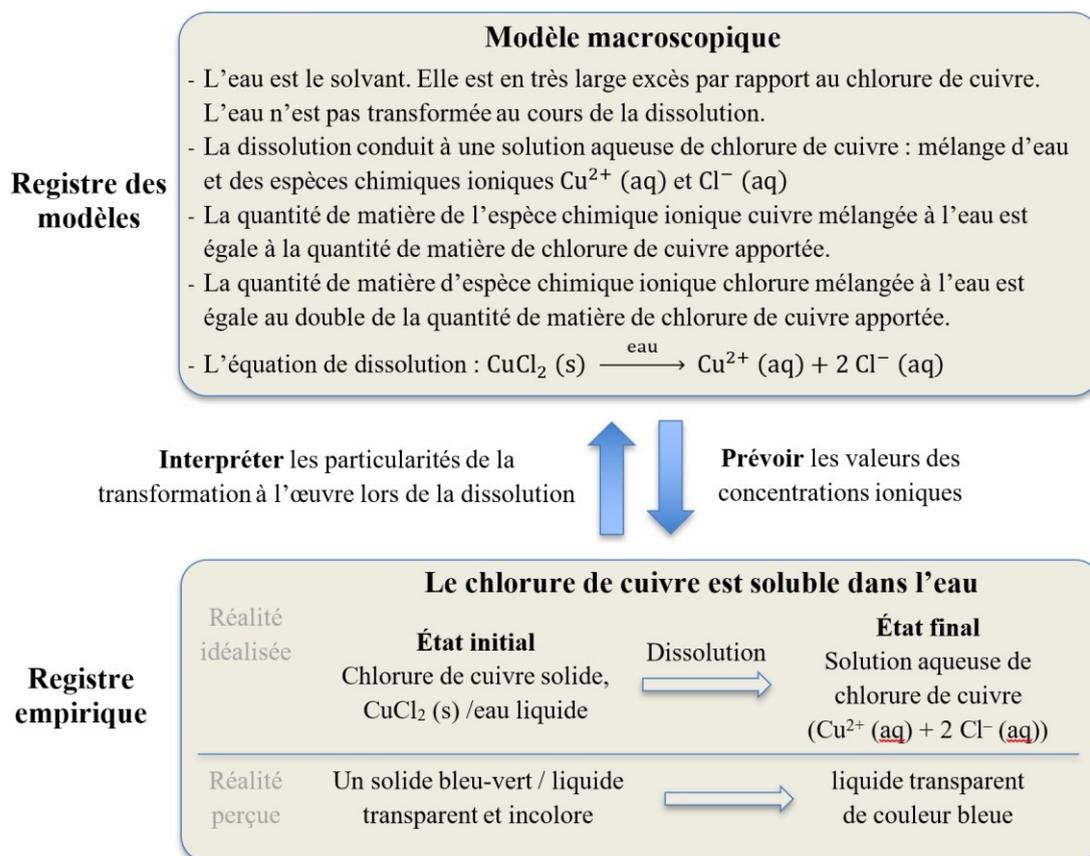


Figure 1 : Description et interprétation de la dissolution d'un solide ionique, en termes de registre empirique et registre des modèles.

L'enseignement de la dissolution inclut la saturation d'une solution dès le programme de cycle 3. Si le programme de première contient un rappel du programme de seconde, en définissant la solubilité comme la « concentration maximale d'un soluté » (BOEN, 2019, p. 6), aucun lien n'est formulé avec le modèle de « l'équation de réaction de dissolution » (BOEN, 2019, p. 7). Pourtant, la saturation constitue une limite du modèle précédent qui ne peut ni rendre compte du résidu de solide, ni permettre de prédire les concentrations ioniques, faute de prendre en compte la solubilité du solide.

Problématique

L'enseignement de la dissolution des solides ioniques est supposé conduire les élèves de première à élaborer un modèle macroscopique à même d'interpréter la séparation des espèces ioniques et prédire leurs concentrations. Des études antérieures ont souligné les difficultés liées à l'écriture des équations de dissolution (Naah & Sanger, 2012). Ceci nous conduit à nous questionner sur la capacité des élèves à écrire l'équation attendue et à s'aider de cette représentation au moment de faire fonctionner le modèle, à la fois dans sa dimension explicative – l'équation rend-elle compte du rôle particulier de l'eau, décrit-elle la séparation en deux espèces ioniques distinctes – et comme outil prédictif – l'équation de dissolution aide-t-elle à prévoir les concentrations ioniques. Par ailleurs, bien que le programme n'en fasse pas mention, ce modèle trouve une limite dans le cas d'une solution saturée. Nous formulons ainsi trois questions de recherche :

QR1 : Les équations de dissolution proposées par les élèves représentent-elles un modèle macroscopique à même de rendre compte de la transformation qui a lieu ?

QR2 : Dans quelle mesure une équation de dissolution correcte constitue-t-elle une aide au moment de prédire les concentrations ioniques ?

QR3 : Dans quelle mesure les élèves parviennent-ils à prédire les concentrations ioniques dans le cas d'une solution saturée ?

Méthodologie

Recueil des données

Le recueil de données a été réalisé par le biais d'un questionnaire conçu par nos soins et administré par des enseignants à leurs élèves de première ($N = 199$) ayant suivi un enseignement sur la dissolution des solides ioniques. L'enquête fut déployée fin mai 2022 ce qui impliquait, selon les élèves, des durées variables entre la phase d'enseignement et la passation du questionnaire¹ mais répondait à la volonté d'étudier les connaissances acquises à l'issue de l'année scolaire.

Deux déclinaisons du questionnaire, sujet A et sujet B, ont été réalisées et transmises aux enseignants. Il leur a été demandé de répartir de manière aléatoire les deux sujets au sein de leurs classes ($N_{\text{sujet A}} = 105$; $N_{\text{sujet B}} = 94$). Nous présentons ici les résultats obtenus à deux questions, sur les sept que comportait le questionnaire.

La première question demande aux élèves d'écrire l'équation de dissolution du chlorure de cuivre, solide ionique choisi en raison des proportions différentes de chaque espèce

¹ Les enseignants étaient invités à préciser le mois durant lequel l'enseignement a été réalisé. Il apparaît que selon les cas, les élèves ayant participé à la recherche ont étudié la dissolution des solides ioniques entre décembre et début mai.

ionique². Dans le sujet A, la quantité de matière de chlorure de cuivre, 3,6 moles, est suffisamment faible pour aboutir à une dissolution totale du solide. Le sujet B, au contraire, décrit la dissolution de 7,5 moles de chlorure de cuivre, quantité conduisant à une solution saturée, caractérisée par un résidu solide comme le précise le texte et l'illustre la photographie accompagnant la question.

La seconde question demande de prédire les concentrations ioniques à l'issue de la dissolution par le biais d'un questionnaire à choix multiples. Les six réponses proposées dépendent de la quantité de solide dissout, et donc du sujet, mais demeurent néanmoins similaires dans leur construction.

Méthode d'analyse

Les équations de dissolution obtenues ont été catégorisées selon plusieurs critères issus d'une analyse a priori du savoir scolaire et, pour certains, adaptés au fil de la lecture des réponses.

- Le sens d'écriture de l'équation est-il conforme au processus de dissolution ?
- L'équation respecte-t-elle les proportions relatives de chaque espèce ionique ?
- La formule proposée pour le solide à dissoudre est-elle correcte ?
- La formule proposée pour les espèces ioniques en solution est-elle correcte ?
- L'équation de dissolution fait-elle apparaître l'état physico-chimique des espèces chimiques ?
- L'eau apparaît-elle dans l'équation ?

S'ils sont vérifiés, les quatre premiers critères impliquent que l'équation proposée décrit un modèle présentant les propriétés prédictives attendues, pour une solution non saturée. Ceci aboutit à une première catégorisation des réponses : l'équation décrit un modèle potentiellement opérant, c'est-à-dire pouvant aider à prédire les concentrations ioniques, ou non.

Les deux derniers critères, sans être indispensables au modèle en tant qu'outil prédictif rendent compte du statut particulier de l'eau comme solvant et de l'état physico-chimique des espèces chimiques.

QR2 et QR3 s'intéressant à l'utilisation du modèle comme outil prédictif, les réponses recueillies à la seconde question ont été analysées en fonction de l'équation proposée précédemment : les résultats des élèves ayant formulé une équation d'un modèle potentiellement opérant ont été comparés à ceux des élèves ayant proposé une équation ne répondant pas aux quatre premiers critères d'analyse.

² L'équation de dissolution correcte d'un point de vue scolaire est :

$$\text{CuCl}_2 (\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} \text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{Cl}^- (\text{aq})$$

L'indication « eau » au-dessus de la flèche n'étant pas imposée, la réponse :

$\text{CuCl}_2 (\text{s}) \longrightarrow \text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{Cl}^- (\text{aq})$ a également été comptabilisée comme juste.

Résultats

Réponses à la première question

Les résultats obtenus pour chaque critère, selon le sujet A ou B, ont été comparés par un test de Fisher³. Aucune différence statistiquement significative n'ayant été relevée (voir annexe 3), les réponses à la première question ont donc été analysées conjointement (tableau 1).

1 ^{ère} question	Équation représentant un modèle potentiellement opérant <i>Vérifiant les quatre premiers critères</i>	Pas d'équation représentant un modèle potentiellement opérant <i>Ne vérifiant pas l'ensemble des quatre premiers critères</i>	Équation ne vérifiant aucun des quatre premiers critères
Sujet A (N _{sujet A} = 105)	44 (41,9%) <i>dont équation correcte : 7 (6,7%)</i>	42 (40,0%)	19 (18,1%) <i>dont NA : 17 (16,2%)</i>
Sujet B (N _{sujet B} = 94)	39 (41,5%) <i>dont équation correcte : 4 (4,3%)</i>	41 (43,6%)	14 (14,9%) <i>dont NA : 12 (12,8%)</i>
Total (N = 199)	83 (41,7%) <i>dont équation correcte : 11 (5,5%)</i>	83 (41,7%)	33 (16,6%) <i>dont NA : 29 (14,6%)</i>

Tableau 1 : Résultats obtenus à la première question à partir des quatre premiers critères d'analyse

60 équations différentes ont été proposées, certaines très éloignées de la réponse attendue, d'autres ne divergeant que d'un seul critère, à l'image de la proposition la plus fréquente ($\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$; 28 réponses ; 14,1%) représentant néanmoins un modèle potentiellement opérant puisqu'il offre la possibilité de prédire les concentrations ioniques, à l'instar de 83 réponses (41,7%).

Cette équation ne se distingue de l'équation correcte que par l'absence d'états physico-chimiques. Seules 16 réponses (8 %) indiquent des états physico-chimiques corrects et 10 réponses (5 %) mentionnent la présence d'eau sur la flèche de l'équation, ce qui souligne que la nature physico-chimique particulière de la dissolution reste très peu prise en compte dans l'écriture de l'équation.

Réponses à la deuxième question

Concernant le sujet A (tableau 2), les 19 élèves qui ont proposé une équation de dissolution ne vérifiant aucun des quatre premiers critères, ont répondu à la deuxième question et parmi eux 5 ont choisi la bonne réponse.

Au final, 38 élèves (36,2 %) ont opté pour la réponse correcte. Le pourcentage de bonnes réponses est supérieur chez les élèves ayant proposé une équation de modèle potentiellement opérant. Pour autant, un test de Fisher n'indique pas de différence statistiquement significative entre les effectifs de chaque ligne (p -value = 0,67).

³ Préféré ici à un test du khi-2 en raison des faibles effectifs.

Dissolution des solides ioniques

2 ^{ème} question Sujet A		Rép. 1	Rép. 2	Rép. 3	Rép. 4	Rép. 5	Rép. 6	NA
Équation représentant un modèle potentiellement opérant	N = 44	18 (40,9%)	4 (9,1%)	9 (20,5%)	1 (2,3%)	7 (15,9%)	4 (9,1%)	1 (2,3%)
Pas d'équation représentant modèle potentiellement opérant	N = 42	15 (35,7%)	3 (7,1%)	13 (31%)	0 (0%)	9 (21,4%)	1 (2,4%)	1 (2,4%)
Équation ne vérifiant aucun des quatre premiers critères	N = 19	5 (26,3%)	2 (10,5%)	4 (21,1%)	2 (10,5%)	5 (26,3%)	1 (5,3%)	0 (0%)
Total	N = 105	38 (36,2%)	9 (8,6%)	26 (24,8%)	3 (2,9%)	21 (20%)	6 (5,7%)	2 (1,9%)

Tableau 2 : Effectifs obtenus à la deuxième question ; La réponse correcte apparaît en gras – Exemple : parmi les 44 élèves ayant proposé une équation représentant un modèle potentiellement opérant à la première question, 18 élèves ont choisi la réponse 1.

Concernant le sujet B (tableau 3), 22 élèves (23,4%) ont opté pour la réponse correcte, soulignant des difficultés à prédire les concentrations ioniques dans le cas d'une solution saturée. Par ailleurs, il semble que le fait de disposer d'une équation représentant un modèle potentiellement opérant ne constitue pas une aide pour prédire les concentrations ioniques dans le contexte d'une solution saturée. Comme pour une solution non saturée, un test de Fisher ne permet pas de mettre en évidence de différence statistiquement significative entre les effectifs de chaque ligne (p-value = 0,47).

2 ^{ème} question Sujet B		Rép. 1	Rép. 2	Rép. 3	Rép. 4	Rép. 5	Rép. 6	NA
Équation représentant un modèle potentiellement opérant	N = 39	10 (25,6%)	10 (25,6%)	9 (23,1%)	4 (10,3%)	5 (12,8%)	1 (2,6%)	0 (0%)
Pas d'équation représentant modèle potentiellement opérant	N = 41	6 (14,6%)	9 (22%)	12 (29,3%)	2 (4,9%)	8 (19,5%)	2 (4,9%)	2 (4,9%)
Équation ne vérifiant aucun des quatre premiers critères	N = 14	3 (21,4%)	3 (21,4%)	2 (14,3%)	0 (0%)	2 (14,3%)	2 (14,3%)	2 (14,3%)
Total	N = 94	19 (20,2%)	22 (23,4%)	23 (24,5%)	6 (6,4%)	15 (16%)	5 (5,3%)	4 (4,3%)

Tableau 3 : Effectifs obtenus à la deuxième question ; La réponse correcte apparaît en gras – Même façon de lire le tableau

Conclusion

Les résultats présentés confirment que l'écriture d'une équation de dissolution pose des difficultés à de nombreux élèves, en particulier au moment de traduire en langage symbolique les spécificités physico-chimiques de la dissolution des solides ioniques. Il semble que l'enseignement de l'équation de dissolution porte davantage sur la dimension prédictive du modèle, via la séparation des espèces chimiques ioniques, que sur le rôle des notations symboliques en tant que représentation d'un modèle interprétatif de la transformation.

Pour autant, l'écriture d'une équation de dissolution permettant potentiellement de prédire les concentrations ioniques, ne garantit pas la mise en œuvre du modèle représenté et, à l'inverse, il semble qu'un élève qui ne maîtrise pas l'équation de dissolution peut néanmoins disposer d'un modèle prédictif efficace. S'il convient d'envisager la présence de réponses correctes aléatoires, une autre hypothèse réside dans une possible résolution du problème par l'emploi d'une procédure algorithmique, déconnectée de l'équation de dissolution (Bruck et al., 2010), s'appuyant, par exemple, sur la formule du solide ionique et les proportions relatives de chaque espèce chimique ionique pour prédire les concentrations de ces dernières.

Dans le cas d'une solution saturée, moins d'un élève sur quatre prédit les concentrations ioniques attendues, sans doute peut-on y voir le résultat des instructions officielles qui, comme indiqué en introduction, n'associent pas équation de dissolution et saturation. Une autre hypothèse réside peut-être dans la difficulté des élèves à définir le concept de solubilité.

Il convient néanmoins de relativiser les résultats présentés en raison des effectifs qui, compte tenu des différentes catégorisations opérées au cours de l'analyse s'avèrent assez faibles. Ce questionnaire doit être administré à de nouveaux élèves afin de tenter de confirmer les constats dressés ici. Des entretiens post-questionnaire sont également prévus afin d'éclairer certains résultats issus de l'analyse statistique.

Bibliographie

- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'Semantic' View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9431-7>
- Bruck, L. B., Bruck, A. D., & Phelps, A. J. (2010). "Gone" into Solution : Assessing the Effect of Hands-On Activity on Students' Comprehension of Solubility. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 107-112. <https://doi.org/10.1021/ed800016f>
- Bulletin officiel de l'éducation nationale. (2019). *Programme d'enseignement de spécialité de physique-chimie de la classe de première de la voie générale*. https://cache.media.education.gouv.fr/file/SP1-MEN-22-1-2019/43/2/spe635_annexe_1063432.pdf
- Bulletin officiel de l'éducation nationale. (2020). *Programmes d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4)*. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/A-Scolarite_obligatoire/37/7/Programme2020_cycle_4_comparatif_1313377.pdf

- Canac, S., & Kermen, I. (2018). *Conception d'une ressource didactique fondée sur l'histoire des sciences pour introduire les formules chimiques au collège*. Les cahiers du LDAR n°20. IREM de Paris.
- Earley, J. E. (2005). Why there is No Salt in the Sea. *Foundations of Chemistry*, 7(1), 85-102. <https://doi.org/10.1023/B:FOCH.0000042881.05418.15>
- Kermen, I. (2016). *Modèles et modélisation dans l'enseignement de la chimie : D'une analyse épistémologique et didactique à l'étude des pratiques enseignantes* [Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, université Paris Diderot Paris 7]. <https://hal.science/tel-02883037>
- Kermen, I. (2018). Comment le caractère dual, macroscopique-microscopique, de la chimie s'incarne-t-il dans son enseignement ? Réflexions autour des modèles et du langage. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1122, 95-108.
- Kermen, I. (2019). Réflexion épistémologique et sémiotique dans une perspective didactique d'enseignement apprentissage du concept de liaison chimique. *congrès AREF*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02883135>
- Morge, L., & Doly, A.-M. (2013). L'enseignement de notion de modèle : Quels modèles pour faire comprendre la distinction entre modèle et réalité ? *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 52(1), 149-175. <https://doi.org/10.3406/spira.2013.1066>
- Naah, B. M., & Sanger, M. J. (2012). Student misconceptions in writing balanced equations for dissolving ionic compounds in water. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 186-194. <https://doi.org/10.1039/C2RP00015F>
- Soler, L. (2013). Qu'est-ce qu'un modèle scientifique ? Des caractéristiques du modèle qui importent du point de vue de l'enseignement intégré de science et de technologie. *Spirale - Revue de recherches en éducation*, 52(1), 177-214. <https://doi.org/10.3406/spira.2013.1067>
- Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Etude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du Français Contemporain*, 10, 153-176.

Annexes

Annexe 1 : Sujet A

1^{ère} question**Troisième expérience :**

La solubilité du chlorure de cuivre solide dans l'eau liquide pure est d'environ 6 moles par litre.

Dans une fiole jaugée, on verse 3,6 moles de chlorure de cuivre solide puis on complète à 1 litre jusqu'au trait de jauge avec de l'eau liquide pure. On agite plusieurs minutes. On obtient une solution de couleur bleue et transparente.

Le chlorure de cuivre solide, de formule CuCl_2 , est composé d'ions chlorure, dont le symbole est Cl^- , et d'ions cuivre, dont le symbole est Cu^{2+} . Écrire l'équation de la dissolution du chlorure de cuivre, réalisée dans la troisième expérience.

2^{ème} question

Que peut-on affirmer à propos de la concentration de la solution aqueuse obtenue à la fin de la troisième expérience ?

Une seule
réponse possible
parmi ces six

- La concentration en ions chlorure est égale à 7,2 mol/L et la concentration en ions cuivre est égale à 3,6 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est égale à 12 mol/L et la concentration en ions cuivre est égale à 6 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est égale à 2,4 mol/L et la concentration en ions cuivre est égale à 1,2 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est égale à 4 mol/L et la concentration en ions cuivre est égale à 2 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est égale à 3,6 mol/L et la concentration en ions cuivre est égale à 1,8 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est égale à 6 mol/L et la concentration en ions cuivre est égale à 3 mol/L.

Annexe 2 : Sujet B

1^{ère} question**Troisième expérience :**

La solubilité du chlorure de cuivre solide dans l'eau liquide pure est d'environ 6 moles par litre.

Dans une fiole jaugée, on verse 7,5 moles de chlorure de cuivre solide puis on complète à 1 litre jusqu'au trait de jauge avec de l'eau liquide pure. On agite plusieurs minutes. On obtient un liquide bleu et transparent ainsi qu'un peu de solide au fond de la fiole.

Le chlorure de cuivre solide, de formule CuCl_2 , est composé d'ions chlorure, dont le symbole est Cl^- , et d'ions cuivre, dont le symbole est Cu^{2+} . Écrire l'équation de la dissolution du chlorure de cuivre, réalisée dans la troisième expérience.

2^{ème} question

Que peut-on affirmer à propos de la concentration de la solution aqueuse obtenue à la fin de la troisième expérience ?

Une seule
réponse possible
parmi ces six

- La concentration en ions chlorure est d'environ 15 mol/L et la concentration en ions cuivre est d'environ 7,5 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est d'environ 12 mol/L et la concentration en ions cuivre est d'environ 6 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est d'environ 5 mol/L et la concentration en ions cuivre est d'environ 2,5 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est d'environ 4 mol/L et la concentration en ions cuivre est d'environ 2 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est d'environ 7,5 mol/L et la concentration en ions cuivre est d'environ 3,75 mol/L.
- La concentration en ions chlorure est d'environ 6 mol/L et la concentration en ions cuivre est d'environ 3 mol/L.

Annexe 3 : Réponses obtenues à la question 1 selon le sujet

Critère	Sujet	Proposition correcte	Proposition incorrecte	NA	Test de Fisher (p-value)
Le sens d'écriture de l'équation est-il conforme au processus de dissolution ?	Sujet A	66	16	23	0,62
	Sujet B	60	18	16	
L'équation respecte-t-elle les proportions relatives de chaque espèce ionique ?	Sujet A	60	19	26	0,21
	Sujet B	47	27	20	
La formule proposée pour le solide à dissoudre est-elle correcte ?	Sujet A	82	2	21	0,57
	Sujet B	74	4	16	
La formule proposée pour les espèces ioniques en solution est-elle correcte ?	Sujet A	76	5	24	0,81
	Sujet B	71	5	18	
L'équation de dissolution fait-elle apparaître l'état physico-chimique des espèces chimiques ?	Sujet A	8	79	18	0,88
	Sujet B	8	72	14	
L'eau apparaît-elle dans l'équation ?	Sujet A	4	80	21	0,61
	Sujet B	6	73	15	

La question alimentaire en classe de seconde. Problématiser une question complexe dans une perspective d'éducation au développement durable

Maëlle Mallent¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université de Montpellier, Université Paul-Valéry Montpellier 3

Résumé

L'alimentation est un sujet de préoccupation majeure : abondante pour les uns, trop rare pour les autres, dans un monde où les dérèglements climatiques sont devenus inquiétants, il est urgent d'adapter nos productions et nos consommations aux enjeux actuels. Cette question alimentaire est au programme de SVT de seconde. Nous nous intéressons ici à sa mise en œuvre en classe, dans une perspective d'éducation au développement durable. Le thème « agrosystèmes et développement durable » nous invite à résoudre le problème de nourrir une population mondiale en augmentation tout en respectant l'environnement. En s'appuyant sur les cadres de l'éducation au développement durable et de la problématisation, nous montrons que la problématisation n'est que partielle et les enseignements ne prennent en compte que la dimension scientifique de la question, conformément aux directives du programme. Pourtant, la dimension citoyenne est mise en avant dans ce dernier mais est abandonnée rapidement. Les comportements alimentaires ne sont finalement pas considérés non plus malgré leurs implications sociales, économiques, géographiques... Les enseignements sont alors orientés vers des activités méthodologiques ne permettant pas une problématisation globale du sujet.

Mots-Clés : Didactique des SVT ; Problématisation ; Éducation au Développement Durable ; Agroécologie ; Sociologie de l'alimentation.

La question alimentaire en classe de seconde

Problématiser une question complexe dans une perspective d'éducation au développement durable

Introduction

L'alimentation est une préoccupation particulièrement prégnante depuis toujours. Aujourd'hui, les enjeux autour de cette question sont multiples : l'ONU déclare que parmi les objectifs de développement durable, éradiquer la faim fait partie des objectifs charnières qui permettrait d'atteindre d'autres objectifs tels que ceux en lien avec la santé, l'éducation ou l'égalité des sexes¹. Pourtant, dans certaines parties du monde, l'alimentation est aussi un facteur favorisant les maladies cardiovasculaire, certains cancers ou encore l'obésité (INRAe, 2021). De plus, la population mondiale devrait atteindre 9,73 milliards d'individus d'ici 2064 (Vollset et al., 2020). Avec les changements climatiques en cours, il faudrait pouvoir produire « 56% d'aliments en plus par rapport à 2010, en évitant d'utiliser 600 millions d'hectares de terres agricoles supplémentaires » (Dumas, 2019). Il convient alors aussi de modifier les régimes alimentaires pour atteindre un équilibre entre la production, la protection de l'environnement et la consommation.

L'alimentation : de la production à la consommation

Les modèles de production sont aujourd'hui schématiquement séparés en deux grands groupes : les modèles agro-industriels, pointés du doigt pour leurs conséquences négatives sur l'environnement et la santé et les modèles alternatifs ou durables qui sont érigés comme la solution pour nourrir les populations et atteindre la souveraineté alimentaire. Ces différents modèles s'inscrivent dans des systèmes de production qui représentent des ensembles d'exploitations aux ressources variées et s'inscrivent eux-mêmes dans des systèmes encore plus larges que l'on appelle systèmes alimentaires. Ces dernières englobent les réseaux d'acteur-ice-s divers, les consommateur-ice-s, les besoins, les zones géographiques etc. (Figure 1).

¹ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/>

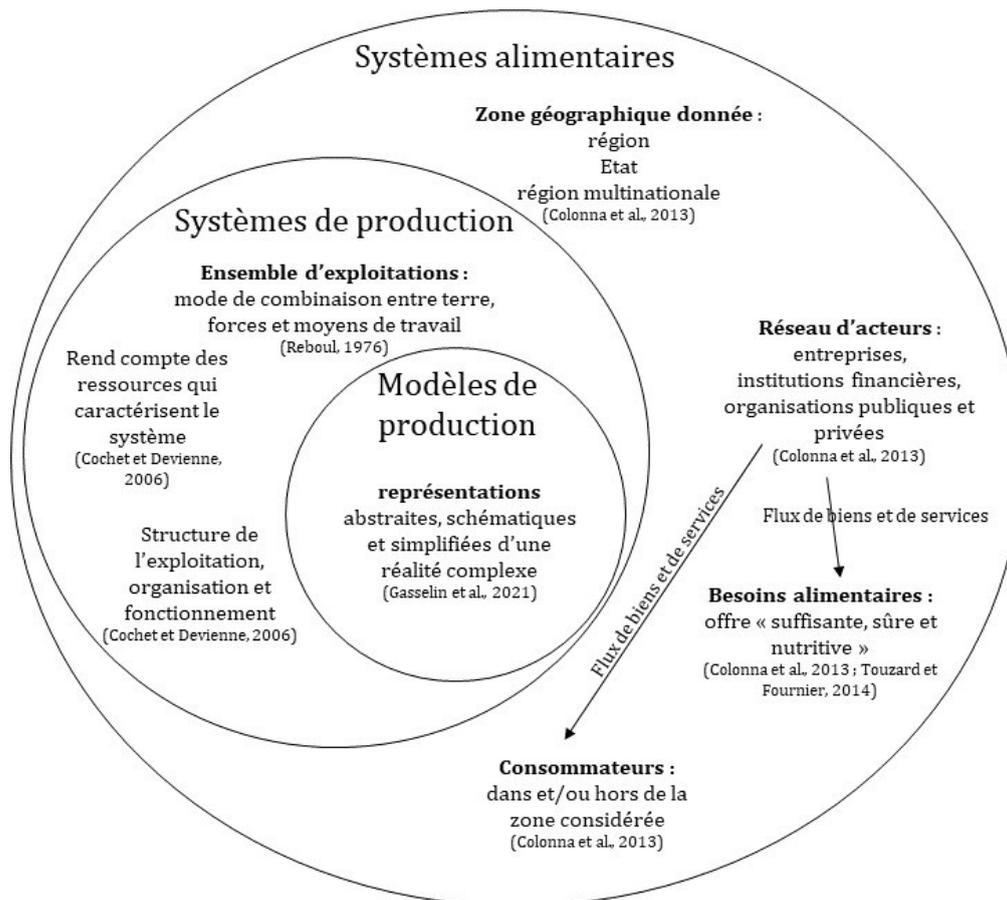


Figure 1 : Systèmes alimentaires

La consommation alimentaire quant à elle est soumise à de nombreux facteurs : sociaux, géographiques, économiques, politiques... Elle est une source flagrante d'inégalités sociales mais elle est aussi la cause de ces inégalités (Etievant et al., 2010; Saint Pol, 2017). Aussi, les catégories les plus aisées développent plus facilement un « goût spontané » pour les aliments considérés comme sains tandis que chez les catégories plus défavorisées, le goût prime sur la qualité des aliments (Régnier et Masullo, 2009).

La question de l'alimentation est une question qui revient à différents moments de la scolarité des élèves, sous différentes formes. Pour cette communication, j'interroge la place de cette question dans l'enseignement secondaire et en particulier en classe de seconde générale dans la discipline Sciences et Vie de la Terre (SVT).

La question alimentaire dans le programme de seconde générale

Le thème « Agrosystèmes et développement durable » du programme de seconde générale en France s'inscrit dans la thématique générale « Enjeux Contemporains de la Planète ». Ce thème est le seul du programme de seconde pour lequel l'élève est qualifié-e de futur-e citoyen-ne. Cette dimension est importante dans l'intention éducative que vise le thème étudié. Il s'agit alors d'intégrer « des connaissances portant plus largement sur la vie sociale et économique, afin de permettre à l'élève de s'insérer dans la société » (Audigier, 2017). Bien que la question alimentaire soit complexe (Morin, 1990) et soumise à de nombreux facteurs, le thème « agrosystèmes et développement durable » ne laisse de place qu'à la dimension scientifique de la question. D'ailleurs, le thème est introduit par un problème (nourrir la population mondiale qui augmente tout en respectant l'environnement) mais la

dimension éducative n'est pas développée dans cette introduction ni dans le reste du programme. Ceci risque d'orienter les enseignements vers la partie « scientifique » de la question.

Une précédente étude (auteure, 2019) a montré que les enseignant·e·s ne prenaient pas en compte les diversités sociales de leurs élèves en matière de consommation alimentaire. Je fais l'hypothèse ici qu'un discours normatif pourrait rendre les enseignements peu efficaces dans une perspective d'éducation au DD.

Ancrages théoriques

La complexité que représente la question alimentaire et la variété de nature des savoirs en jeu permet d'inscrire cette recherche dans le cadre des « éducations à... » et plus particulièrement dans le cadre de l'éducation au développement durable. Ce cadre permet de considérer les composantes politiques et sociales particulières des enseignements (Lange et Victor, 2006), ces derniers étant enrichis d'une dimension citoyenne (Lange, 2008), mais aussi de la dimension sociale des savoirs scientifiques (Lange et Victor, 2006).

Le thème étudié est introduit par un problème, processus courant en SVT. Ceci peut engendrer des attentes en termes de problématisation, c'est pourquoi j'inscris mes travaux dans le cadre de la problématisation (Orange, 1997). La problématisation est le processus d'articulation entre un registre empirique, défini comme « des explications possibles » déterminant les faits à considérer pour le problème donné (Orange, 2012) et le registre des modèles, défini comme le registre des explications qui rendent compte « des faits jugés pertinents pour le problème travaillé » (Orange, 2012). Ces deux registres s'articulent dans un troisième registre appelé « registre explicatif » ou « cadre épistémique » qui « contient des éléments techniques, heuristiques et d'intelligibilité avec lesquels sont construits les nouveaux modèles » (Lhoste et al., 2007).

Les problèmes rencontrés dans le cadre des « éducations à... » sont définis comme « complexes flous » par Fabre (2014). En effet, les « éducations à... » renvoient à des comportements, des attitudes et des valeurs « en vue de transformer les pratiques sociales » (Audigier, 2012).

Barroca-Paccard (2021) propose un cadre de la problématisation qu'il complète de deux nouveaux registres pour « éviter les écueils d'une approche comportementaliste et ceux d'une approche relativiste ». Ces nouveaux registres admettent les valeurs et les actions possibles comme contraintes intégrantes des problèmes de l'éducation au développement durable.

Pour ce travail, qui résulte de mes travaux de thèse, j'ai fait le choix d'utiliser ce cadre comme support d'analyse de séquences ordinaires afin de rendre compte des registres mobilisés et des choix des enseignant·e·s pour problématiser le thème étudié.

Question de recherche

À partir de cette analyse et des éléments développés sur les savoirs de référence, je propose de nous intéresser ici à la question suivante :

Quelle problématisation de la question alimentaire proposée par les enseignantes pour une éducation au développement durable au regard des comportements alimentaires ?

Méthodologie

J'ai mis en place une méthodologie mixte qui visait deux objectifs. Un premier objectif était d'établir des portraits d'élèves et d'enseignant·e·s (E1 et E2) basés sur leur alimentation déclarée, leur milieu socio-culturel et le paysage alimentaire auquel iels sont exposé·e·s (Vontron, 2021). Le corpus de données a été constitué grâce à un questionnaire en ligne (254 questionnaires complets), un carnet de suivi alimentaire (83 carnets) et un bilan de savoir selon la méthodologie de Charlot et de l'équipe ESCOL (1996) pour les élèves (8 bilans). Le bilan de savoir est constitué d'un bilan écrit dans lequel l'élève est invité à répondre à une question (sur l'alimentation et l'agriculture dans notre cas) puis d'un entretien semi-directif pour approfondir certains éléments avec l'élève. Ce bilan me permet de situer les élèves en tant que sujet, être social et singulier (Charlot, 1996, p.35) qui « agit dans et sur le monde ». L'étude quantitative (questionnaires puis carnets) a permis de faire apparaître des profils « d'élèves-mangeurs ». A partir de cette étude, nous avons sélectionné des élèves représentatifs des profils pour mener les bilans de savoir.

Pour les deux enseignantes, j'ai mené un entretien semi-directif. Ce corpus de données ne sera pas développé en détails pour cette communication, seuls certains éléments de résultats seront proposés pour argumenter le propos général.

Le deuxième objectif était de rendre compte de la problématisation (Barroca-Paccard, 2021; Orange, 1997) de la séquence « Agrosystèmes et développement durable ». Pour cela, j'ai filmé deux demi-groupes dans deux lycées différents et mené un entretien semi-directif avec chacune des deux enseignantes ayant mis en place la séquence. Les vidéos ont été analysées à l'aide du logiciel Transana. Après un découpage des séances en fonction des activités proposées, j'ai codé des mots-clés appartenant aux différents registres de la problématisation. Grâce à ce codage, des thématiques sont apparues, mobilisées par les élèves et/ou les enseignantes. Je les ai quantifiées pour connaître la fréquence d'utilisation de chaque thématique en fonction des activités. Des éléments de l'entretien semi-directif viennent compléter les résultats de cette analyse vidéo, pour nuancer et contextualiser la construction et la mise en œuvre des séances.

Résultats

Portraits alimentaires d'élèves et des enseignantes

La première étude a donc été l'occasion d'établir des portraits d'élèves et d'enseignant·e·s selon leur alimentation déclarée, leur milieu socio-culturel et leur lieu de vie et d'études (auteure, à paraître). J'ai montré que les huit élèves interrogé·e·s ont des profils divers et un rapport à l'alimentation et à l'agriculture différent malgré des milieux socio-culturels proches et des paysages alimentaires différents. Si l'ensemble des élèves s'accordent pour dire que l'alimentation a une influence sur la santé, leurs préoccupations peuvent être différentes : certain·e·s élèves se sentent plutôt concerné·e·s par leur santé que par l'environnement ou inversement. Les élèves concerné·e·s par les conséquences des modèles agro-industriels sur l'environnement s'investissent des principes de localité, de saisonnalité, d'agriculture biologique. Malgré cela, le goût reste le facteur le plus influent pour les choix alimentaires du quotidien. Leurs comportements alimentaires sont en construction et sont aussi marqués par les comportements alimentaires de leurs parents, donc par les milieux socio-culturels et économiques de ces derniers.

Pour les enseignant·e·s, les profils socio-culturels sont similaires ainsi que les lieux de vie.

Les portraits alimentaires se sont avérés relativement proches pour les deux enseignantes également. L'alimentation de ces deux enseignantes est en corrélation avec les recommandations nutritionnelles et la norme, c'est-à-dire consommer des aliments qualifiés de « sains », est intégrée comme un « goût spontané » (Régnier et Masullo, 2009).

Problématisation du thème « agrosystèmes et développement durable »

Comme supposé, la problématisation de ce thème n'est que partielle par rapport à ce que l'on pourrait en attendre. Le déroulement des deux séquences étudiées propose un angle d'analyse de la question alimentaire uniquement scientifique et ne laisse donc apparaître qu'une partie du problème. De plus, les modèles de production ne sont jamais présentés ni construits, les systèmes de production et les systèmes alimentaires non plus. Ceci réduit donc fortement la complexité de la question initiale. Aussi, l'utilisation des registres de la problématisation par les élèves et par les enseignantes mène à une articulation quasi-systématique du registre empirique et du registre des modèles avec le registre des actions possibles. Cela revient à opposer un problème à sa solution. D'autre part, la juxtaposition de « notions fondamentales » à enseigner ne permet pas de faire le lien entre les différents savoirs en jeu et participe à la désyncrétisation des savoirs qu'évoquent Considère et Tutiaux-Guillon (2013).

Les deux enseignantes construisent alors leurs séquences sur de la méthodologie et de l'étude de documents, accusant le programme d'être « pauvre » ou « trop général », ce qui ne leur permet pas de comprendre les réelles attentes de ce thème.

Comportements alimentaires, problématisation et éducation au développement durable

Les comportements alimentaires ne sont jamais pris en compte dans les séquences observées. La dimension citoyenne introduite dans le programme n'étant plus mobilisée par la suite, cela entraîne une mise à distance des autres composantes de la question alimentaire (sociales, géographiques, économiques, politiques...). Les activités proposées par les enseignantes ne permettent de considérer que la face scientifique de la question alimentaire sauf dans le bilan de la séquence de l'enseignante E2. Cette dernière souligne l'importance des consommateur·ice·s dans les orientations qui peuvent être données à la production alimentaire.

Pourtant, les élèves interrogé·e·s pendant la première étude montrent un réel intérêt pour l'alimentation. Tant sur le plan de la santé que de l'environnement. Ils sont attentifs à certains aspects (saisonnalité, localité, agriculture biologique etc.).

Conclusion et perspectives de recherche

En ne faisant aucune référence à l'implication des comportements alimentaires dans la question alimentaire, le programme exclut une dimension importante pour comprendre les enjeux dont il est question dans le thème « agrosystèmes et développement durable » et plus largement pour comprendre les enjeux globaux qui sous-tendent la question alimentaire. En excluant cette implication, on s'expose à banaliser les inégalités sociales en matière d'alimentation et à produire un discours normatif visant à transmettre les « bonnes pratiques ».

De ce fait, les enseignantes orientent leurs objectifs d'apprentissage vers de la méthodologie et des activités peu problématisées/problématisantes car pour elles, les connaissances en jeu ne sont pas compliquées ou « difficile à comprendre », pour reprendre leurs mots.

Pourtant, si l'on se place dans une perspective d'éducation au développement durable, ce thème est particulièrement riche et complexe et nécessite une mise en problème détaillée mais surtout construite en classe. En considérant l'ensemble des dimensions que sous-tend la question alimentaire, il serait intéressant de se questionner sur les objectifs que l'on souhaite atteindre en classe. La question alimentaire est une excellente candidate pour développer la réflexivité des élèves, travailler sur des projets pluridisciplinaires ou encore proposer des formations aux enseignant·e·s dans la perspective de les former à l'enseignement des questions complexes.

Références

- Audigier, F. (2012/1). Les Education à : quels significations et enjeux théoriques et pratiques ? Esquisse d'une analyse. *Recherches En Didactiques*(13), 25–38. <https://doi.org/10.3917/rdid.013.0025>
- Audigier, F. (2017). Education à la citoyenneté. Dans A. Barthes, J.-M. Lange et N. Tutiaux-Guillon (dir.), *Dictionnaire critique des enjeux et concepts des "éducations à"* (p. 46–51). L'Harmattan.
- Barroca-Paccard, M. (2021). Un modèle problématisé d'éducation à un développement durable qui intègre actions, savoirs et valeurs : application à l'exemple de l'enseignement de la biodiversité. *Educations*, 4(1). <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2021.0642>
- Charlot, B. (1996). *Du rapport au savoir : Éléments pour une théorie*. Anthropos.
- Considère, S. et Tutiaux-Guillon, N. (2013). L'éducation au développement durable : entre "éducation à" et disciplines scolaires. *Recherches En Didactiques*, 15, 111–133. <https://doi.org/10.3917/rdid.015.0111>
- Cirad. (2019, juillet 18). *Comment nourrir la planète en 2050 sans la détruire ?* [Press release].
- Etievant, P., Bellisle, F., Dallongeville, J., Etilé, F., Guichard, E., Padilla, M., & Romon-Rousseau, M. (2010). *Les Comportements Alimentaires : Quels en sont les déterminants ? Quelles actions, pour quels effets ?* Synthèse de l'expertise scientifique collective réalisée par l'INRA à la demande du ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche.
- Fabre, M. (2014). Les « Éductions à » : problématisation et prudence. *Éducation et socialisation*. Advance online publication. <https://doi.org/10.4000/edso.875>
- INRAe (2021). Vers une alimentation saine et durable : Comment nourrir la planète en 2050. *Ressources*, 1, 33–37.

- Lange, J.-M. (2008). L'éducation au développement durable au regard des spécialités enseignantes. *Aster*(46), 123–154.
- Lange, J.-M. et Victor, P. (2006). Didactique curriculaire et "éducation à...la santé, l'environnement et au développement durable": quelles questions, quels repères ? *Didaskalia*, 28.
- Lhoste, Y., Peterfalvi, B. et Orange, C. (dir.) (2007). *Problématisation et construction de savoir en SVT : quelques questions théoriques et méthodologiques*.
- Morin, E. (dir.). (1990). *Introduction à la pensée complexe*. ESF éditeur.
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie : Quels apprentissages pour le lycée* (L'Éducateur). Presses Universitaires de France.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences : Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe. Le Point sur... Pédagogie*. De Boeck.
- Régnier, F. et Masullo, A. (2009). Obésité, goûts et consommation. *Revue Française De Sociologie*, 50(4), 747. <https://doi.org/10.3917/rfs.504.0747>
- Saint Pol, T. de. (2017). *Les évolutions de l'alimentation et de sa sociologie au regard des inégalités sociales. L'année sociologique : vol. 67.2017, no. 1*. puf.
- Vollset, S. E., Goren, E., Yuan, C.-W., Cao, J., Smith, A. E., Hsiao, T., Bisignano, C., Azhar, G. S., Castro, E., Chalek, J., Dolgert, A. J., Frank, T., Fukutaki, K., Hay, S. I., Lozano, R., Mokdad, A. H., Nandakumar, V., Pierce, M., Pletcher, M., . . . Murray, C. J. L. (2020). Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*. Advance online publication. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30677-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30677-2)
- Vonthron, S. (2021). *Offre commerciale alimentaire et pratiques spatiales d'approvisionnement des ménages: Construire une géographie des paysages alimentaires*. Université Paul Valéry Montpellier III, Montpellier.

L'enseignement du modèle de Lewis.

Une discontinuité entre le lycée et l'université

Karine Molvinger¹

1 : Institut Charles Gerhardt Montpellier - Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux de Montpellier, Université Montpellier, École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier, CNRS

Résumé

Cette communication s'intéresse à l'apprentissage de la représentation de Lewis lors du passage du lycée à l'université, en France. En effet, cette notion est enseignée à la fois au lycée et en première année d'enseignement supérieur mais avec des méthodes différentes, ce qui semble gêner les apprenants. Dans ce travail, nous observons des classes de Première et d'enseignement supérieur lors de l'apprentissage de la représentation de Lewis afin d'analyser les variations entre ces deux enseignements qui pourraient être à l'origine des différences de performance. Pour compléter ces observations, nous avons développé des questionnaires pour les apprenants afin de nous informer sur l'efficacité des différentes méthodes d'apprentissage.

Mots-Clés : Modèle de Lewis ; Apprentissage ; Lycée ; Université.

L'enseignement du modèle de Lewis

Une discontinuité entre le lycée et l'université

Introduction

Le modèle de Lewis explique la formation des liaisons covalentes par la mise en commun d'électrons de valence. Chaque atome apporte un électron de valence afin de former une molécule. Les électrons qui ne sont pas mis en commun restent sur l'atome sous forme de doublets non liants ou d'électron célibataire (cas des radicaux).

Nous nous intéressons à l'enseignement de ce modèle au lycée et à l'Université en France. En ce qui concerne les instructions françaises avant 2019, en Première cette notion est basée sur la règle de l'octet (ou du duet) (prérequis de Seconde (MEN, 2010a)), les élèves doivent être capables d'écrire en Lewis quelques molécules et ions mono ou polyatomiques. L'électronégativité est ensuite introduite afin de déterminer le caractère polaire d'une liaison, et à partir de sa géométrie, le caractère polaire ou apolaire de la molécule (MEN, 2010b). Les programmes de Terminale ne reprennent pas le modèle de Lewis (MEN, 2011). Après 2019, la règle de l'octet disparaît du lycée, et le schéma de Lewis apparaît dès la Seconde avec une « lecture de schémas de Lewis de molécules » (MEN, 2017). En Première, « l'écriture des schémas de Lewis est désormais exigible et conduit à prévoir la géométrie des entités qui, associées au concept d'électronégativité, permet de déterminer leur caractère polaire ou non polaire » (MEN, 2019a) et en Terminale (MEN, 2019b), le modèle de Lewis apparaît pour représenter un acide carboxylique, un ion carboxylate, une amine et un ion ammonium.

En ce qui concerne l'enseignement supérieur (Licence de Chimie à Montpellier), le premier semestre est consacré au modèle de Lewis et à la géométrie des molécules à l'aide du modèle VSEPR. Le second semestre est consacré à la détermination de la structure électronique par approche orbitale.

Notre étude porte sur les effets des méthodes utilisées pour enseigner le modèle de Lewis.

État de l'art

L'étude de la bibliographie montre que l'enseignement du modèle de Lewis est assez opaque (Cooper et al., 2010). Pourtant ce dernier renseigne sur les relations entre la structure et les propriétés chimiques et physiques d'une molécule, comme la géométrie, la polarité, la réactivité ... (Cooper et al., 2012 ; Cooper et al., 2013). Différentes méthodes pour construire les structures de Lewis ont été proposées :

- Compter le nombre d'électrons de valence de tous les atomes de la molécule (en considérant les charges éventuelles). Ce nombre divisé par deux donne le nombre de paires électroniques de la molécule (McArdle, 2019).
- Ecrire la structure de Lewis pour chaque atome de la molécule puis les relier entre eux (Ahmad & Zakaria, 2000).

En ce qui concerne les difficultés des élèves, la liaison covalente serait considérée comme une attache entre deux atomes. Wightman et al. (1986) ont constaté que les élèves ont du mal à concevoir la liaison chimique comme une interaction électromagnétique et qu'ils compensent cette difficulté en considérant le lien entre atomes comme matériel. Cette conception matérialiste va à l'encontre de la notion de stabilité d'un édifice moléculaire et pourrait conduire à plusieurs difficultés lors de l'étude de réactions chimiques, qui mettent en jeu des formations

et des ruptures de liaisons chimiques. Unal et al. (2006) proposent une cartographie des différentes conceptions des élèves concernant la liaison chimique (confusion électron/ion, immobilité des électrons...). La liaison chimique se formerait entre les électrons au lieu de penser que les électrons constituent la liaison chimique (Robinson, 1998). Peterson et Treagust (1989) évoquent une conception initiale selon laquelle, les atomes forment autant de liaisons covalentes qu'il y a d'électrons sur leur couche de valence. Ils prennent l'exemple de l'atome d'azote qui, pour certains élèves, devrait établir cinq liaisons au sein d'une molécule puisque cet élément possède cinq électrons de valence. Cette conception découlerait d'une mauvaise compréhension de la règle de l'octet. Pour Robinson (1998), abandonner la règle de l'octet n'est cependant pas une solution. En revanche, il faudrait mettre l'accent sur le fait que cette règle est avant tout un outil pour reconnaître les édifices stables et que le remplissage des couches n'est qu'une conséquence de la formation des liaisons, et non l'inverse. Ducamp et Rabier (2014) citent certains propos d'élèves, qui envisagent les liaisons chimiques comme conséquence du remplissage électronique et non l'inverse, que la formation de liaison chimique serait un moyen pour l'atome d'obtenir la configuration stable d'un gaz rare (conception anthropomorphique). Taber et Watts (1996) soulignent que nombreux sont les élèves qui personnifient les atomes et qui emploient les verbes « vouloir » ou « avoir besoin » pour décrire les phénomènes dans lesquels interviennent les atomes.

Question de recherche

Ces nombreux constats nous amènent à nous interroger sur les méthodes utilisées pour l'enseignement des structures de Lewis. Nous avons constaté que la méthode d'enseignement de cette notion dans l'enseignement supérieur peut être différente de celle utilisée dans l'enseignement secondaire. C'est pourquoi nous avons exploré la notion de représentation de Lewis au lycée et en début d'université. Dans cette communication, nous décrivons les méthodes utilisées par les enseignants observés pour mettre en évidence les différences entre ces méthodes et regarder les résultats des apprenants grâce à l'analyse de questionnaires que nous avons développés. Ainsi, pourrions-nous peut-être distinguer des différences d'apprentissage de cette notion suivant la méthode utilisée ?

Cadre méthodologique

Nous avons observé deux classes de Première et un groupe de travaux dirigés (TD) à l'université durant l'année scolaire 2018/2019, et collecté des données (cours et questionnaire) dans une classe de Première de niveau équivalent d'un autre établissement en 2020/2021 après le changement de programme.

Les deux classes de Première de 2018/2019 (deux enseignants différents) comptent respectivement 33 et 36 élèves. Elles appartiennent à un lycée de catégorie sociale plutôt élevée. Nous avons filmé la séance portant sur l'enseignement du modèle de Lewis et de la géométrie des molécules dans ces deux classes en demi-groupes (1h30 chaque séance). Des autorisations pour filmer ont été demandées aux parents.

Pour la première année de Licence, nous avons récupéré le cours magistral portant sur la représentation de Lewis et la géométrie des molécules. Nous avons filmé une classe de TD, comportant 20 étudiants à qui nous avons demandé l'autorisation d'être filmés. Deux séances de 1h30 ont été observées.

Des questionnaires ont été passés dans les trois classes de Première et en Licence sur l'ensemble de la promotion (une centaine d'étudiants). Nous présentons quelques questions posées dans les questionnaires :

1. Donner une définition d'une liaison covalente

2. Qu'appelle-t-on « doublet non liant »

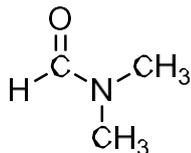
3. Parmi les structures de Lewis suivantes, indiquez celles qui sont incorrectes en justifiant.

Structure	Correcte	Incorrecte	Justification
$\text{H}-\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}-\text{H}-\text{H}$			
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$			
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\underset{\cdot\cdot}{\text{O}} \end{array}$			

4. Ces deux représentations de Lewis de la molécule d'eau sont-elles correctes ?



5. Est-ce que la représentation des liaisons de cette molécule présente des défauts ou des



imprécisions ? Si oui, lesquelles ?

Pour les deux premières questions, nous attendons une définition correcte de ces notions (Q1 : « mise en commun de deux électrons des couches externes formant un doublet liant entre deux atomes », on accepte aussi « mise en commun de deux électrons entre deux atomes » ; Q2 : « électrons externes de l'atome non engagés dans une liaison se regroupant deux à deux, localisés autour de l'atome » mais aussi « une paire d'électrons qui ne participent à aucune liaison »). Pour la question 3, les trois schémas ne sont pas de Lewis (règle de l'octet non respectée, doublets non liants manquant). Les deux représentations de la molécule de Lewis sont correctes. Pour la molécule de la question 5, on ne voit pas la géométrie, la polarité des liaisons, les doublets non liants, le mouvement des électrons...

Toutes les vidéos ont été transcrites, ce qui nous a permis d'étudier les verbatims pour illustrer l'analyse. Les transcriptions ont été analysées et ont pointé différentes catégories en relation avec les difficultés des élèves relatées dans la littérature.

Résultats

Observation en classe

Au lycée avant 2019, la représentation de Lewis est abordée atome par atome contrairement à la méthode utilisée à l'université qui consiste à considérer l'ensemble de la molécule. Lors de nos observations, les enseignants du secondaire répètent plusieurs fois, pour chaque atome, le

nombre de liaisons et de doublets non liants qu'il peut faire. Les schémas avec des points et des tirets sont adoptés, ce qui renforce le caractère matérialiste de la liaison. De plus, des propos matérialistes ont été relevés dans le secondaire que ce soit chez les élèves ou les enseignants. Un autre problème est la détermination de l'atome central au lycée. Alors que ce dernier est donné pour les étudiants, les enseignants du secondaire répondent, suite aux questionnements d'élèves, que l'atome central serait celui qui est écrit en premier dans la formule brute. Et pourtant pour H₂O, ce n'est pas le cas.

À l'université, nous voyons des étudiants qui ont des réticences à appliquer la méthode donnée en Licence, ils essaient de faire un mélange entre la méthode apprise en Première et celle qu'ils viennent de découvrir. Ils ne calculent pas forcément l'ensemble des électrons de valence de la molécule et oublient donc des doublets non liants.

Analyse questionnaires

Question	Elèves de première	Etudiants	χ^2
Q1	23.2% (19/82)	61.8% (55/89)	25.941
Q2	46.9% (38/82)	82% (73/89)	23.857
Q3a	81.7% (67/82)	92.1% (82/89)	4.139
Q3b	64.6% (53/82)	79.8% (71/89)	4.909
Q3c	85.4% (70/82)	95.5% (85/89)	5.174
Q4	59.8% (49/82)	75.3% (67/89)	4.715
Q5	57.3% (47/82)	88.8% (79/89)	21.766

Tableau 1 : résultats des élèves de Première et des étudiants observés aux questionnaires

Les élèves de Première ne parviennent pas à donner une définition de la liaison covalente, notion abordée en classe ; la notion de doublets non liants n'est pas assimilée. Les résultats seront davantage développés à l'oral (différence d'âge des deux populations, sachant qu'en Terminale le modèle de Lewis n'est pas revu) (Tableau 1).

En conclusion, la méthode « atome par atome » semble basée sur du par cœur, ce qui entraîne une confusion chez les étudiants qui font un mélange des deux méthodes.

Nous regardons les résultats de la classe de Première collectés en 2020/2021, dans laquelle l'enseignant a utilisé la même méthode qu'à l'université, cette méthode étant maintenant préconisée (MEN, 2019c). Tout d'abord nous comparons les résultats des classes de Première (ancien/nouveau programme) (Tableau 2).

Question	Elèves de première Méthode « atome par atome »	Elèves de première Méthode préconisée actuellement	χ^2
Q1	23.2% (19/82)	55.5% (20/36)	11.858
Q2	46.9% (38/82)	69.4% (25/36)	5.366
Q3a	81.7% (67/82)	91.7% (33/36)	1.918
Q3b	64.6% (53/82)	77.8% (28/36)	2.008
Q3c	85.4% (70/82)	91.7% (33/36)	0.895
Q4	59.8% (49/82)	72.2% (26/36)	1.678
Q5	57.3% (47/82)	69.4% (25/36)	1.547

Tableau 2 : résultats des élèves de Première utilisant des méthodes différentes

Nous constatons que les élèves ayant appris à construire les schémas de Lewis avec la méthode utilisée dans le supérieur ont de meilleurs résultats, ce qui semble signifier qu'ils ont mieux assimilé cette notion, la méthode étant moins basée sur du « par cœur ».

Pour finir, nous pouvons comparer les résultats obtenus entre les élèves de Première et de Licence 1^{ère} année qui ont utilisé la même méthode (Tableau 3). Nous constatons que le léger

écart n'est pas statistiquement significatif, à part pour la dernière question, ce qui montre que le niveau d'étude n'a pas d'impact sur l'ensemble de ces résultats.

Question	Elèves de première Méthode préconisée actuellement	Etudiants	χ^2
Q1	55.5% (20/36)	61.8% (55/89)	0.417
Q2	69.4% (25/36)	82% (73/89)	2.395
Q3a	91.7% (33/36)	92.1% (82/89)	0.007
Q3b	77.8% (28/36)	79.8% (71/89)	0.062
Q3c	91.7% (33/36)	95.5% (85/89)	0.714
Q4	72.2% (26/36)	75.3% (67/89)	0.126
Q5	69.4% (25/36)	88.8% (79/89)	6.845

Tableau 3 : résultats des élèves de Première et de Licence utilisant les mêmes méthodes

Conclusion

Cette étude montre que la méthode qui est préconisée depuis le programme de 2019 soit généralisée (MEN, 2019c). En effet, en discutant avec les enseignants, après 2019, il s'avère que la méthode « atome par atome » est toujours enseignée (ainsi que la règle de l'octet) par certains enseignants.

En relation avec l'état de l'art établi au début, nous pouvons revenir sur les conceptions matérialistes et anthropomorphiques : nous avons observé, essentiellement dans les verbatims, l'utilisation de ce vocabulaire à la fois chez les enseignants et chez les apprenants, ce qui peut avoir une répercussion lors de l'étude de la réactivité. La règle de l'octet a disparu au profit de la configuration électronique des gaz rares. Mais comment faire pour expliquer les lacunes ? Il serait peut-être judicieux que cette règle soit maintenue mais expliquée avec toutes ses limites et exceptions, notamment dans le secondaire où, de toute manière, on ne dépasse pas les trois premières périodes. De plus, elle reste enseignée dans le supérieur.

Maintenant il serait intéressant de voir si les élèves qui arrivent maintenant à l'université et qui devraient avoir appris les schémas de Lewis avec la méthode enseignée dans le supérieur, auront moins de difficultés que ceux observés ici, qui ont été confrontés à deux méthodes. Il faudrait bien sûr étendre cette étude à un plus grand nombre d'élèves mais il semble que la méthode utilisée dans le supérieur devrait être généralisée afin d'éviter cette discontinuité de l'enseignement du modèle de Lewis entre le lycée et l'université qui contraint les étudiants à utiliser deux méthodes différentes pour la même notion.

Bibliographie

- Ahmad, W.-Y. & Zakaria, M. B. J. (2000). Drawing Lewis Structures from Lewis Symbols: A Direct Electron Pairing Approach. *J. Chem. Educ.*, 77, 329–331.
- Cooper, M. M., Grove, N., Underwood, S. M. & Klymkowsky, M. W. (2010). Lost in Lewis Structures: An Investigation of Student Difficulties in Developing Representational Competence. *J. Chem. Educ.*, 87, 869–874.
- Cooper, M.M., Underwood, S.M. & Hilley, C.Z. (2012). Development and Validation of the Implicit Information from Lewis Structures Instrument (IILSI): Do Students Connect Structures with Properties? *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13, 195-200.
- Cooper, M.M., Corley, L.M. & Underwood, S.M. (2013). An Investigation of College Chemistry Students' Understanding of Structure-Property Relationships. *J. Res. Sci. Teach.*, 50, 699-721.

- Ducamp, C. & Rabier, A. (2014). L'enseignement du modèle de Lewis de la liaison covalente au lycée, *Union des professeurs de physique et de chimie, Bulletin de l'Union des Physiciens*, 969, 1515-1542.
- McArdle, P. (2019). Systematic Procedure for Drawing Lewis Structures Based on Electron Pairing Priority and the Explicit Use of Donor Bonds: An Alternative to the Normal Procedure Which Can Be Pen and Paper Based or Automated on a PC in User Interactive 3D, *J. Chem. Educ.*, 96, 1412-1417.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2010a). Programme de Physique- Chimie en Classe de Seconde générale et technologique. *Bulletin Officiel spécial* n° 4 du 29 avril 2010.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2010b). Programme de Physique- Chimie en Classe de Première Scientifique. *Bulletin Officiel spécial* n° 9 du 30 septembre 2010.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2011). Programme de Physique- Chimie en Classe de Terminale de la série scientifique. *Bulletin Officiel spécial* n° 8 du 13 octobre 2011.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2017). Programme de Physique- Chimie en Classe de Seconde. *Bulletin Officiel spécial* n° 18 du 4 mai 2017.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2019a). Programme de Physique- Chimie en Classe de Première, enseignement de spécialité. *Bulletin Officiel spécial* n° 1 du 22 janvier 2019.
- Ministère de l'Éducation Nationale (France) (2019b) Programme de Physique- Chimie en Classe de Terminale, enseignement de spécialité. *Bulletin Officiel spécial* n° 8 du 25 juillet 2019.
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse (France) (2019c), Modéliser le cortège électronique, physique-chimie, voie générale et technologique.
- Peterson, R. F. & Treagust, D. F. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding, *J. Chem. Educ.*, 66(6), 459-460.
- Robinson, W. R. (1998) An alternative framework for chemical bonding, *J. Chem. Educ.*, 75(9), 1074-1075.
- Taber, K. S. & Watts, M. (1996). The secret life of the chemical bond: students' anthropomorphic and animistic references to bonding, *Int. J. Sci. Educ.*, 18(5), 557-568.
- Unal, S., Calik, M., Ayas, A. & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies : needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions, *Res. Sci. Technol. Educ.*, 24(2), 141-172.
- Wightman, T.; Green, P. & Scott, P. (1986). The Construction of Meaning and Conceptual Change in Classroom Settings: Case Studies on the Particulate Nature of Matter, Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.

L'accompagnement des apprenants pendant l'enseignement du concept de la matière à travers une situation problème

Meïssa Ouerghi^{1,2}, Kaouther Rasaa³, Chiraz Kilani²

1 : Éducation, Cognition, TICE et didactique, Université de Tunis

2 : Institut Supérieur de l'Enseignement et de la Formation Continue, Tunis

3 : Faculté des Sciences Mathématiques, Physiques et Naturelles de Tunis

Résumé

Cet article vise à rendre compte des postures professionnelles favorables à la mise en place d'une démarche fondée sur la résolution de problème. Pour atteindre ce but, nous avons mobilisé le cadre théorique de la problématisation et la catégorisation de Bucheton pour identifier les inducteurs de problématisation et les postures professionnelles mise en œuvre afin d'accompagner le processus de problématisation. Nous avons enregistré une activité ordinaire d'une enseignante d'éveil scientifique portant sur le concept de la masse. Les données recueillis ont permis de modéliser le losange de problématisation et de repérer les postures professionnelles qui ont permis la transformation des inducteurs en véritables levier de la problématisation.

Mots-Clés : Situation problème ; Masse ; Inducteurs de problématisation ; Losange de problématisation ; Postures professionnelles.

L'accompagnement des apprenants pendant l'enseignement du concept de la matière à travers une situation problème

Introduction

La situation-problème est au cœur de l'apprentissage des sciences pour l'enseignement primaire en Tunisie. Ainsi, le programme du premier cycle de l'enseignement de base adopte la compétence terminale relative aux sciences physiques : « Résoudre des situations-problèmes en réalisant des recherches et des projets liés à quelques phénomènes physiques ». (P. O., 2002, p. 109). Bien qu'il y ait une forte incitation à la mise en œuvre des situations-problèmes, un examen plus attentif des textes officiels révèle l'absence de précisions relatives à cette mise en œuvre. Hichri (2018) constate que la documentation officielle tunisienne est peu explicite en ce qui concerne les conditions nécessaires pour mettre les élèves dans une situation-problème. « *Il paraît que cette dernière se limite à poser une question aux élèves sans contraintes ni ressources* » (p. 62). Ce qui est mis en avant, est l'importance de l'activité des élèves en situation de résolution des problèmes mais le rôle attribué à l'enseignant n'est pas précisé. C'est cette intervention enseignante que nous souhaitons analyser à partir d'une étude de cas d'une enseignante d'éveil scientifique au niveau d'école primaire.

Cadre théorique et questions de recherches

Diverses définitions sont associées à la notion de situation problème et son sens change d'un document institutionnel à l'autre (Arsac et al., 1988; Astolfi et al., 2008; Brousseau, 1988; Vecchi & Carmona-Magnaldi, 2002). Ces définitions bien qu'elles partagent les mêmes assises théoriques à savoir les approches constructivistes et socio-constructivistes, ne sont pas toujours compatibles entre elles ce qui fait ressortir le caractère polysémique de la situation problème. Nous retiendrons pour ce travail les cinq critères qui sont susceptibles, selon De Vecchi et Carmona-Magnaldi (2002), de guider le choix et la conception de situations problèmes par les enseignants : a) l'exigence de sens ; b) la présence d'un obstacle ; c) la nécessité du questionnement des élèves ; d) Une visée de rupture avec les représentations antérieures des apprenants ; e) la présence d'un enjeu de savoir (Fabre et Musquer, 2009 p.46). Par ailleurs, Fabre et Musquer, (2009) signalent que l'apprentissage d'un savoir nouveau « ne coïncide avec la solution du problème que si celle-ci s'avère suffisamment raisonnée ». Cette dialectique entre apprentissages et construction d'un savoir raisonné nous conduit au cadre théorique de la problématisation (Fabre, 2009; Orange, 2002) dans lequel la situation-problème est vue comme un dispositif qui permet de fonder la solution trouvée en raison. Pour cela il ne suffit pas de faire travailler les élèves à partir d'une question il faut les amener à examiner cette question en articulant les données et les conditions du problème dans un processus qui implique trois phases : la position, la construction et la résolution du problème. Les conditions renvoient à des idées, des théories des critères, ou règles qui organisent les tentatives de solutions. Les données correspondent à des faits, des expériences des éléments présents ou rajoutés dans la situation. Cependant, la mise en œuvre de ces critères ne suffit pas à garantir l'efficacité de ce type d'apprentissage situation-problème. Le rôle de l'enseignant demeure primordial pour assurer l'acquisition du nouveau savoir par les élèves. « *Sans le maître et ses interventions, sans le dispositif mis en place, les élèves n'auraient aucune chance d'apprendre.* » (Musquer & Fabre, 2010, p. 49). Il intervient « *comme animateur et gestionnaire du dispositif qu'il a conçu au préalable* » (Musquer & Fabre, 2010, p. 48). L'enseignant doit mettre en place des inducteurs

permettant la gestion de la situation problème. Un inducteur de problématisation « ... est un élément du milieu pédagogique ou didactique visant à aider l'élève à problématiser. » (Fabre & Musquer, 2009, p. 51). L'enseignant, assure la mise en place de ces inducteurs à travers les gestes professionnels qu'il adopte au cours du processus enseignement apprentissage. Le losange de la problématisation (figure 1) présente les différents types d'inducteurs que l'on peut relever en fonction de leur position dans le processus de la problématisation. Ces inducteurs peuvent être de type 1 quand ils permettent d'interroger les solutions ou de type 2 quand ils permettent de revenir aux problèmes posés.

Losange et inducteurs de problématisation

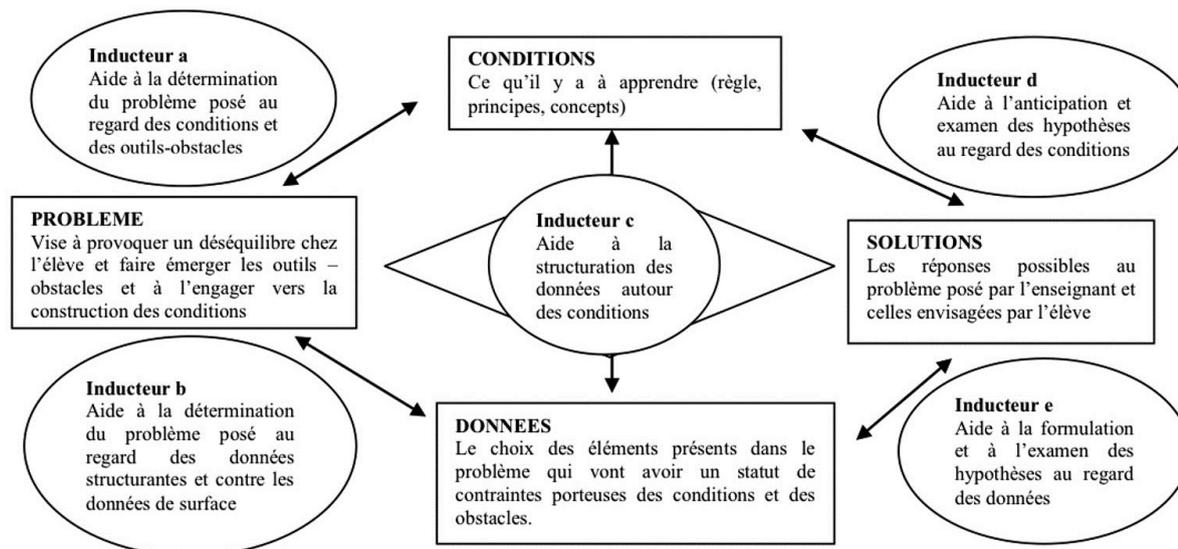


Figure 1 Losange et inducteurs de problématisation (Musquer, 2018)

Dans cette étude de cas nous souhaitons identifier les formes d'accompagnement assurées par un enseignant d'éveil scientifiques au niveau primaire au cours de la mise en place d'une situation problème portant sur le concept de masse. En effet, Bucheton & Soulé (2009) ont identifiés les postures d'étayage mises en place par l'enseignant : posture de contrôle, d'accompagnement, de lâcher prise, d'enseignement et de magicien. Les caractéristiques de ces différentes postures sont présentées dans le tableau 1.

Posture d'étayage de l'enseignant	Pilotage	Atmosphère	Tissage	Objets de savoir	Tâche élèves postures
Accompagnement	Souple et ouvert	Détendue et collaborative	Très important Multi directif	Dévolution Émergence	« Faire et discuter sur » : posture réflexive, créative
Contrôle	Collectif Synchronique Très serré	Tendue et hiérarchique	Faible	En actes	« Faire » : Posture première
Lâcher prise	Confié au groupe, autogéré	Confiance, refus d'intervention du maître	Laissé à l'initiative de l'élève	En actes	Variables : faire Discuter sur
Enseignement Conceptualisation	Le choix du bon moment	Concentrée, très attentive	Liens entre les tâches Retour sur	Nommés	Verbalisation post-tâche posture réflexive (secondarisation)
Magicien	Théâtralisation, mystère, révélation	Devinette, tâtonnement aveugle, manipulation	Aucun	Peu nommés	Manipulations, Jeu : posture ludique

Tableau 1 Les postures d'étayage (Bucheton & Soulé, 2009)

Nous essayons à répondre aux questions de recherche : Quelles postures d'étayage sont adoptées par cette enseignante dans l'accompagnement des élèves pendant la mise en place de la situation problème ? Quels inducteurs apportés par l'enseignante ont permis de faire avancer les différentes opérations du processus de problématisation ?

Méthodologie

Pour répondre aux questions de recherche, nous avons réalisé une observation d'une séance d'enseignement-apprentissage, au sein d'une classe de 3^{ème} année primaire, portant sur le concept de la masse (les élèves sont âgés de 9 à 10 ans). L'enseignante est titulaire d'une licence fondamentale en Biologie. Elle a une ancienneté moyenne avec une expérience totale de 7 ans et une expérience de 2 ans par rapport au niveau de 3^{ème} année. Un entretien post-séance a été mené avec l'enseignante pour recueillir des données permettant d'enrichir l'analyse de la séance.

Tous les échanges verbaux produits au cours de la séance enregistrée ainsi que l'entretien post-séance sont transcrits. La transcription de la séance est analysée à l'aide du logiciel « Transana ». À partir de la transcription de la séance menée, nous avons défini les épisodes en se basant sur l'objet de savoir. Chaque épisode correspond à une interaction autour d'un événement d'une durée variable visant un objectif didactique bien déterminé (Schneuwly, 2000).

Dans chaque épisode nous avons caractérisé les interventions enseignantes en fonction du type d'aide à la problématisation et de la nature des postures d'étayage adoptées. Une lecture analytique de ces épisodes au regard du processus de problématisation, nous a permis de modéliser ce processus sous forme du losange de la problématisation.

Résultats

À partir de l'analyse de la transcription nous avons identifié 6 épisodes :

Épisode 1 : l'enseignante et les élèves ont mis en scène une situation où ils sont amenés à ramasser des objets dans différents états physiques tombés par terre.

Épisode 2 : la première question « Pourquoi on ne peut pas ramasser l'eau ? » (1) permet d'établir la donnée que l'eau n'est pas saisissable donc il est à l'état liquide. Les interventions

enseignantes amènent les élèves à préciser l'état physique de chaque objet tombé en prenant appui sur le critère : les objets liquide sont insaisissables à la main. Ce critère, choisi par l'enseignante, correspond au constat de Krnel (1998), stipulant que les élèves ont des difficultés à attribuer une masse aux objets insaisissable

M : On peut tenir les pierres entre les mains ?

E : Oui

M : Et l'eau ?

E : Non

M : Pourquoi ?

E : Car il est liquide

M : Enseignant E : Elève

Extrait 1 Episode 2

Épisode 3 : La question « Est-ce que tous les objets tombés par terre ont une masse ? » (2)¹, suscite de nombreux désaccords, certains élèves déclarent que l'eau a une masse, les autres ne le pensant pas. L'enseignante leur demande alors de justifier leur réponse (3). La recherche des justifications possibles aboutit à la construction de la condition du problème en jeu à ce niveau : si un objet a une masse on peut donc le peser. Il ne reste plus à l'enseignante qu'à proposer aux de peser ces objets. C'est alors que l'hypothèse que l'eau n'a pas de masse est avancée, puisqu'il est impossible de saisir l'eau pour pouvoir le peser. M : L'eau a-t-elle une masse ?

Épisode 4 : L'enseignante invalide l'hypothèse proposée en affirmant qu'il est possible de peser l'eau (4). Sans inviter les élèves à penser à un protocole expérimental permettant de vérifier que l'eau est pesante. Elle oriente les apprenants vers l'expérience qu'elle a préalablement planifié pour vérifier que les liquides ont une masse. Elle pèse un verre vide au départ, puis elle remplit ce verre par de l'eau et le pèse à nouveau. La comparaison entre les valeurs des masses mesurées permet aux élèves de déclarer que l'eau est **pesable**. Elle reformule alors la condition construite par les élèves en termes : « si un objet possède une masse alors on peut le peser par une « pesée » absolue ou comparative en utilisant une balance ».

M : Oui et on va vérifier maintenant. On va mesurer la masse du verre vide.

M : Quel est sa masse ?

E : 2 g

M : maintenant on rajoute de l'eau il pèse combien ?

E : 109 g

M : Bien donc on peut peser l'eau

M : Enseignant E : Elève

Extrait 2 Episode 4

¹ Dans le programme d'éveil scientifique la notion de masse est abordée pour la 1^{ère} fois au niveau de la 1^{ère} année primaire par la comparaison de la masse de deux objets

Épisode 5 : L'enseignante demande : « puisqu'il est possible de peser l'eau que peut-on conclure ? ». Les élèves déclarent, tous, que l'eau a une masse. Elle refait ensuite l'expérience en pesant un ballon gonflé par pompe à ballon et un ballon identique mais dégonflé pour conclure que l'air a une masse.

Épisode 6 : L'institutionnalisation du savoir est prise en charge par l'enseignante : « Ce qu'il faut retenir tout objet matériel liquide, solide ou gazeuse possède une masse ».

À partir de ces analyses nous avons relevés dans les interventions enseignantes les inducteurs de problématisation suivants :

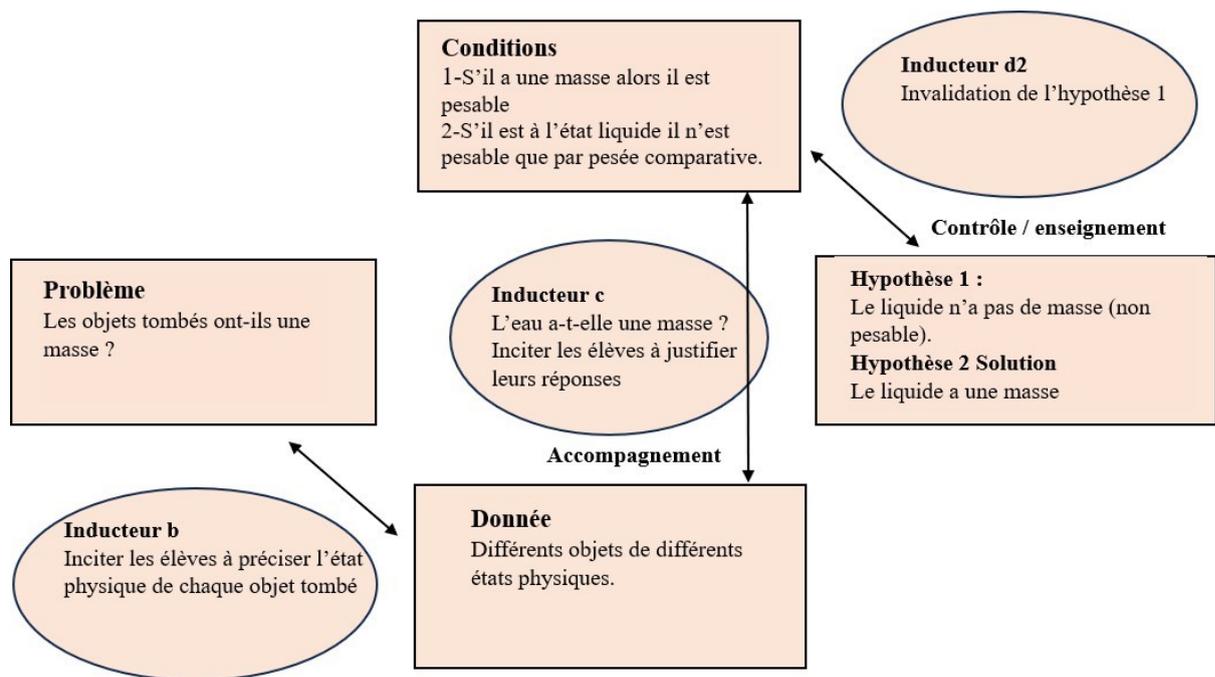
- Les interventions 1 et 2 sont des inducteurs de type (b), ont apporté une aide à la sélection les données du problème et à la spécification de la question en fonction de ces données. Nous les considérons comme des inducteurs de type (b1)
- L'intervention 3 est un inducteur de type (c) apporté une aide à structuration et l'articulation des données et des conditions du problème
- L'intervention 4 qui a permis d'invalider l'hypothèse au regard d'une nouvelle condition est un inducteur de type (d2)

L'analyse des gestes professionnels nous a permis de relever dans chaque épisode les postures adoptées.

Episode	Postures professionnels	Gestes indicateurs
1	Magicien	Théâtralisation
2	Contrôle	Questionnement important et serré ; Atmosphère hiérarchique ; absence de discussion entre élèves.
3	Accompagnement	Paroles données à plusieurs élèves. Place le groupe face à ses contradictions. Recentrer le débat en évacuant ce qui est accessoire
4	Contrôle	N'accorde pas un temps de réflexion Protocole imposé et guidage fort dans la manipulation
5	Contrôle Enseignement- conceptualisation	Institutionnalisation du savoir en validant ou en invalidant certaines propositions
6	Enseignement- conceptualisation	Généralisation Reformulation de la conclusion en évacuant ce qui est accessoire

Tableau 2 Répartition des différentes postures en fonction de l'évolution des épisodes de l'enseignement

Nous proposons de modéliser par le biais du losange de la problématisation, le déroulement de la séance.



Rectangle : Les composants de la problématisation Cercle ovale : Les inducteurs de la problématisation
Les flèches : Mise en relations entre les différents éléments de la problématisation

Figure 2 Inducteurs de la problématisation et gestes d'étayage

Discussion et conclusion

À travers cette recherche, nous avons accompagné une enseignante lors d'une séance portant sur les caractéristiques macroscopiques de la matière dans le but d'identifier les postures d'étayage qu'elle adopte pour mettre en place une séquence d'apprentissage basée sur la problématisation. Les interventions de l'enseignante ont apporté une aide à la recherche des données et des conditions du problème et à leur articulation. Cependant, nos résultats montrent que les postures adoptées par l'enseignante lors de la mise en œuvre de ces inducteurs ont joué un rôle déterminant dans la transformation de ces inducteurs en véritables leviers à la problématisation. Une posture de magicien pour présenter les données de la situation problème à travers une théâtralisation concrète de la scène a amené les apprenants à s'appropriier le problème. Une posture d'accompagnement adoptée dans l'épisode 3 a favorisé la co-construction par l'enseignant et les apprenants du problème en articulant données et conditions. Cependant, la posture du contrôle qui a dominé dans l'épisode 3 a court-circuité le travail cognitif des élèves et a inhibé la possibilité du déclenchement d'un conflit cognitif qui fondera la résolution du problème. Ce choix, a été justifié par la pression du temps et la nécessité de faciliter la tâche des élèves. Nous considérons qu'une posture de lâcher prise en ce moment pourrait être plus convenable. Il nous semble qu'une survalorisation de la phase expérimentale est à l'origine du choix de la posture adoptée « le plus importante dans tout cela est de confronter les élèves aux résultats de l'expérience ».

Si selon Musquer (2018) la pertinence d'un inducteur est associée aux opérations mentales qu'il active chez l'élève dans le processus de problématisation, aux savoirs qu'il permet de travailler au regard des obstacles rattachés et à l'aide qu'il apporte au développement de l'argumentation des élèves. Notre travail montre, que dans ce cas, la pertinence d'un inducteur est en relation aussi avec la posture adoptée par l'enseignante lors de la mise en œuvre. Ce qui rejoint l'idée de Fabre et Musquer (2009) qu'« il serait sans doute imprudent de sous-estimer

le rôle de l'enseignant dans la problématisation de l'élève» (Fabre et Musquer, 2009, p. 115). Nos résultats, bien qu'ils, n'ont pas une portée généralisatrice, pourraient contribuer à optimiser le choix des postures d'étayage favorables à l'apprentissage fondé sur la problématisation. De ce fait, ces résultats peuvent avoir un grand intérêt pour la formation des enseignants. Il serait donc fructueux de poursuivre ce travail auprès d'autres enseignants dans d'autres contextes de mise en place de situations problèmes.

Bibliographie

- Arsac, G., Germain, G., & Mante, M. (1988). *Problème ouvert et situation-problème*. Université Claude Bernard Lyon I.
- Astolfi, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2008). Chapitre 18. Transposition didactique. In *Mots-clés de la didactique des sciences: Vol. 2e éd.* (p. 177-187). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.astol.2008.01.0177>
- Brousseau, G. P. (1988). Les différents rôles du maître. *Bulletin de l'A.M.Q.. Montréal.*, 23, 14-24. <https://hal.science/hal-00497481>
- Bucheton, D., & Soulé, Y. (2009). Les gestes professionnels et le jeu des postures de l'enseignant dans la classe : Un multi-agenda de préoccupations enchâssées. *Éducation et didactique*, 3-3, Article 3-3. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.543>
- Fabre, M. (2009). Qu'est-ce que problématiser ? Genèses d'un paradigme. *Recherches en éducation*, 6, Article 6. <https://doi.org/10.4000/ree.4093>
- Fabre, M., & Musquer, A. (2009). Les inducteurs de problématisation. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 42(3), 111-129. <https://doi.org/10.3917/lsdle.423.0111>
- Hichri, F. (2018). *Conceptions d'enseignants tunisiens sur la situation-problème : Cas de la reproduction des angiospermes* [These de doctorat, Nantes]. <https://www.theses.fr/2018NANT2053>
- Krnél, D., Watson, R., & Glažar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. *International Journal of Science Education*, 20(3), 257-289. <https://doi.org/10.1080/0950069980200302>
- Musquer, A. (2018). Problématisation et dispositif d'enseignement/apprentissage. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 39, Article 39. <https://doi.org/10.4000/dse.2476>
- Musquer, A., & Fabre, M. (2010). Entre recherche et formation des enseignants : Travailler dans la zone de développement professionnel. *Recherches en éducation*, HS2, Article HS2. <https://doi.org/10.4000/ree.8844>
- Orange, C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les Sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle : revue internationale*. <https://shs.hal.science/halshs-02429626>
- Programmes Officiels – Ministère de l'éducation Tunisie*. (2002). <http://www.education.gov.tn/?p=500&lang=fr>
- Schneuwly, B. (2000). Les outils de l'enseignant—Un essai didactique. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, 22(1), 19-38. <https://doi.org/10.3406/reper.2000.2341>
- Vecchi, G. de, & Carmona-Magnaldi, N. (20002). *Faire Vivre de véritables situations-problèmes*. Hachette Éducation.

Le travail de groupe en classe de physique : une source de différenciation didactique

Lionel Pelissier¹, Christine Ducamp²

1 : Éducation, Formation, Travail, Savoirs, Université Toulouse Jean Jaurès

2 : Éducation, Formation, Travail, Savoirs, École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole de Toulouse-Auzeville, Université Toulouse Jean Jaurès

Résumé

Nous proposons de présenter une étude sur les savoirs que construisent les élèves regroupés en binômes en classe de physique et le rôle que joue l'enseignant au cours d'une séance de TP de physique en seconde générale. Notre objet est de comprendre, à partir d'une analyse ascendante des interactions entre enseignants et élèves les élèves entre deux, les effets différenciateurs que cette modalité de travail fait émerger. Pour notre étude, nous avons mobilisé les concepts de contrat et de milieu didactique et de leur dialectique pour décrire l'action didactique conjointe des élèves au sein d'un binôme et celle du binôme et de l'enseignant. Les résultats de notre étude sur deux classes différentes et deux binômes dans chaque classe mettent en évidence que si les dynamiques de construction de savoir sont bien différentes d'un binôme à l'autre au sein d'une même classe, les régulations opérées par les enseignants prennent assez peu la mesure de ces différences.

Mots-Clés : Travail de groupe ; Contrat didactique ; Milieu didactique ; Action Didactique Conjointe ; Physique.

Le travail de groupe en classe de physique : une source de différenciation didactique

Contexte, cadre théorique et questions de recherche

Cette étude a été conduite par un groupe d'enseignants-chercheurs du LIRDEF à Montpellier et d'EFTS à Toulouse. Elle porte sur les interactions entre enseignants et binômes d'élèves lors d'enseignements pratiques de physique en classe de seconde générale. La modalité de travail coopératif en petit groupe peut être considérée pour ses avantages cognitifs, métacognitifs, émotionnels, motivationnels et sociaux (Johnson & Johnson, 2009) Cependant, le rôle de l'enseignant n'y est pas systématiquement questionné malgré son importance dans la facilitation des apprentissages des élèves (Van Leeuwen & Janssen, 2019). De plus, d'un point de vue méthodologique, cette modalité est propice à l'examen détaillé des interactions enseignant-élèves et élèves-élèves pour comprendre finement l'avancement de l'étude au niveau du binôme. Plus précisément à propos du travail en binômes, Ligozat & Leutenegger (2008) dégagent, à travers une étude de cas en primaire en mathématiques avec des binômes d'élèves, deux formes d'actions collectives différentes. La première se situe au niveau de la dynamique différentielle intergroupe : le professeur et les élèves œuvrent à la construction d'une référence commune et ils y parviennent plus ou moins ou bien, voire pas du tout pour certains élèves et ce, parfois conséquemment à l'intervention de l'enseignant. La deuxième étudie la dynamique différentielle intragroupe : il est mis en évidence qu'au sein d'un binôme, pour atteindre le même but, les élèves ne suivent pas les mêmes trajectoires et, bien qu'ils soient motivés par une intention d'enseignement mutuelle, cela ne se traduit pas par une convergence de leurs actes. D'un point de vue des descripteurs topo-chrono-mésogénétiques du contrat didactique différentiel, Leutenegger et Schubauer-Leoni (2002) notent à la suite de Sensevy (1998), que des élèves sont *chronogènes* (nommés « locomotives » par l'enseignante) quand ils apportent des éléments permettant à l'enseignante de faire avancer la séance (même si un élément est une erreur produite par l'élève et reprise par l'enseignante). Le milieu didactique, officiellement identique pour tous, est appréhendé différemment par les élèves selon leur rapport aux objets de savoirs qui déterminent un partage des responsabilités et des tâches nommée « *topogenèse différentielle pour marquer non seulement la différence de position « verticale » entre enseignant et élèves mais également celle plus « horizontale entre pairs »* (Leutenegger et Quilio, 2013, p. 149). A la suite de ces études, l'objectif de notre recherche est de comprendre, par une analyse ascendante (Schubauer-Leoni et Leutenegger, 2005), les spécificités des effets différenciateurs de cette modalité de travail en binômes du point de vue de la construction des savoirs de la physique et le rôle qu'y jouent les régulations de l'enseignant. Les concepts de contrat et de milieu didactique, dans le cadre de l'action didactique conjointe, sont mobilisés (Amade-Escot et Venturini, 2009). Considérant que le travail de groupe favorise l'émergence de différences méso et chronogénétiques entre les binômes, notre intention est de mettre au jour la nature des dimensions différentielles du contrat didactique dont elles sont la manifestation (Leutenegger et Quilio, 2013).

En effet, les séances « *d'activités expérimentales* » par binôme en classe de physique sont selon nous plus ou moins porteuses d'effets différenciateurs, selon que les élèves ont par

exemple à exécuter pas à pas un protocole donné dont le propre est de réduire l'expérimentation à une séquence d'actions élémentaires, ou bien comme dans notre cas, qu'ils ont à imaginer un protocole expérimental de mesure d'une grandeur alors qu'ils n'ont jamais appris à mesurer ladite grandeur auparavant. Dans ce dernier cas, la situation est plus ouverte car les élèves doivent eux-mêmes concevoir un protocole à partir de leur compréhension des éléments du milieu initial : la connaissance de ce qu'est un protocole, les définitions des grandeurs physiques, et le rôle que peut jouer chacun des éléments matériels et instruments de mesure. On peut s'attendre ainsi à ce que tous ces éléments ne fassent pas milieu de la même manière pour tous les binômes. Le rôle de l'enseignant nous semble ici prépondérant dans la réduction des écarts méso et chronogénétiques intragroupes pour assurer la construction d'un savoir raisonnablement partagé dans la classe au sujet de la mesure de la grandeur étudiée. Ces deux points nous conduisent ainsi à nos questions de recherche :

- sur quoi portent les différences entre les dynamiques méso et chronogénétiques intergroupes ?
- comment l'enseignant contribue-t-il à diminuer ces écarts éventuels dans la perspective de la construction d'un savoir commun ?

Méthodologie

Analyse a priori

La séquence d'enseignement à laquelle nous nous intéressons, composée de quatre séances, a été conçue dans les cadres du groupe *Sesames*¹ et du projet *Assist-me*², puis mise en œuvre par deux enseignants avec deux classes de seconde générale similaires socialement et du point de vue de la position scolaire moyenne. Axée sur les notions de phénomène périodique, de période, de cycle et de fréquence, les deux premières séances ont établi les bases de ces concepts. La troisième séance, ici étudiée, implique un travail en binômes.

Dans cette séance, les élèves reçoivent la consigne de rédiger un protocole expérimental pour mesurer la période et la fréquence de vibration de la membrane d'un haut-parleur. Ce protocole rédigé le plus précisément possible, sera, en fin de séance, évalué par un autre binôme³. Chaque binôme dispose des définitions de la période et de la fréquence, d'un chronomètre et d'un haut-parleur en vibration grâce à un générateur basse fréquence (GBF). La fréquence délivrée par le GBF est préréglée par l'enseignant, affichée sur l'appareil, mais en principe cet affichage ne devrait pas constituer un élément du milieu initial (afficheur masqué par un post-it). Les élèves doivent concevoir une méthode de mesure de la période avant de la mettre à l'épreuve. La stratégie attendue, déterminée par le milieu, consiste à toucher la membrane du haut-parleur pour percevoir son mouvement oscillatoire, toutefois trop rapide pour en mesurer la période directement, puis imaginer un moyen de mesurer cette période : chronométrer la durée pendant laquelle la membrane effectue un nombre entier d'oscillations, par exemple 10⁴, et diviser cette durée totale par ce nombre pour obtenir la mesure de la durée d'un seul aller-retour de la membrane ; répéter cette opération plusieurs fois pour disposer d'un ensemble de mesures de la période du phénomène à partir duquel sera calculée la moyenne.

Recueil et analyse des données

Les données brutes sont limitées à un ensemble de vidéos : deux ont été enregistrées en plan large depuis le fond de la classe des deux enseignants P1 et P2. Quatre autres (deux

par classe) sont focalisées sur deux binômes pour chaque classe. Les premières permettent d'avoir accès aux propos des deux enseignants lorsqu'ils s'adressent à l'ensemble de leur classe, les quatre autres aux échanges au sein des différents binômes et aux interactions entre les deux enseignants et ces binômes. Le corpus principal est constitué de leurs transcriptions en verbatim. Il a été découpé en thèmes et épisodes. L'analyse à différentes granularités du savoir (échelles du tour de parole, de l'interaction, de l'activité, du thème), nous permet d'identifier les dynamiques de l'action didactique des élèves conjointement à celle de l'enseignant du point de vue chrono, méso et topogénétique. Les binômes désignés par P1B1 et P1B2 appartiennent à la classe de l'enseignant P1 ; P2B3 et P2B4 sont dans la classe de P2.

Précisons que notre étude porte sur les interactions enseignant-élèves en considérant le binôme comme une entité résultante de deux trajectoires individuelles sans jamais atteindre la trajectoire individuelle des élèves.

Résultats

Nous décrivons l'activité du binôme P2B3 pour montrer le détail de la dynamique de leur action didactique et pointer les moments d'interaction avec l'enseignant P2, du point de vue du contrat, du milieu, et de la compréhension du savoir à l'étude. Les élèves de ce binôme sont désignés par E1 et E2. Nous donnerons ensuite la synthèse des résultats sur l'ensemble des quatre binômes.

Binôme P2B3

La séquence étudiée a une durée totale d'environ 50 minutes, se divisant en trois principaux épisodes de 12, 20 et 12 minutes respectivement. Dans le premier épisode, le binôme d'élèves prend en main la tâche initiale, négocie des stratégies, mesure et semble initialement bien engagé. Cependant, la deuxième période est marquée par un débat intense entre les élèves sur l'interprétation des grandeurs mesurées, crucial pour la rédaction du protocole. Ce débat comporte cinq changements d'avis, des initiatives individuelles, des prises d'informations auprès du binôme voisin et deux sollicitations de l'enseignant qui ne permettront pas de lever la difficulté rencontrée. Finalement, le binôme se concentre dans le troisième épisode sur la résolution de la tâche, comprenant alors les grandeurs mesurées et s'engageant dans la rédaction du protocole.

Du point de vue du contrat et du milieu, le groupe montre une prise de responsabilité dans la tâche. Les élèves, cherchent activement à comprendre, s'appuyant sur les diverses ressources disponibles dans le milieu.

¹ <http://pegase.ens-lyon.fr/>

² <https://cordis.europa.eu/project/id/321428/fr>

³ Cette évaluation fait partie des diverses phases de la séquence. Elle fait vraisemblablement partie intégrante de la recherche dont sont issues les vidéos que nous avons étudiées, mais ne relève pas du protocole de la présente étude.

⁴ Plus ce nombre est important, plus les erreurs de mesures de la durée totale auront une faible incertitude sur la mesure de la période.

En ce qui concerne l'évolution de la compréhension du savoir à l'étude, quatre étapes distinctes sont identifiées. Initialement, E1 considère le « cycle » comme le nombre total de battements, mais une interaction avec B4 clarifie cette notion. Les deux élèves explorent différentes approches pour déterminer la période, selon une dynamique méso et chronogénétique singulière. Finalement, l'analyse montre que la compréhension du savoir à l'étude ne résulte pas nécessairement d'une interprétation initiale correcte, soulignant l'importance du processus dynamique d'exploration des possibles.

Sur l'ensemble des binômes

Les résultats sont de deux ordres : du point de vue des différences entre les dynamiques de construction du savoir d'un binôme à l'autre et du point de vue du rôle des enseignants dans la prise en compte de ces différences.

Les dynamiques de construction de savoir sont bien différentes d'un binôme à l'autre au sein d'une même classe, si bien que l'avancée du savoir n'est pas identique pour tous les élèves. Par exemple, le binôme P1B1 s'emploie à relier ses mesures à la valeur affichée sur le GBF (retrait du post-it) : l'affichage du GBF constitue ainsi pour eux un élément du milieu. De plus, ils ne perçoivent pas l'utilité du chronomètre positionné sur la paillasse bien qu'ils essaient de décoder le contrat lié à la situation (« *si le professeur met quelque chose en évidence, c'est qu'il attend qu'on s'en serve* »). Ceci les conduit à s'inscrire dans un contrat différent de celui proposé et attendu par P1. Ceci va complexifier le problème alors même qu'ils ont des difficultés à donner du sens à la notion de période, à comprendre ce qu'on attend d'eux en termes de relation entre période et fréquence et à comprendre ce qu'est une relation entre grandeurs.

Le binôme P1B2 quant à lui passe beaucoup de temps à explorer le matériel, et s'inscrit dans un autre contrat qui est de comprendre le lien entre le réglage du GBF et ses effets sur la membrane ; faire varier la fréquence de sortie du GBF et constater son effet sur la vibration de la membrane constitue pour eux un élément du milieu. Ils ont également des difficultés sur l'identification des grandeurs associées aux mesures. Ils reviennent d'eux-mêmes aux définitions mais ne font pas le lien avec les objets expérimentaux du milieu. P1 constate que le binôme est en difficulté, les encourage à examiner les définitions des grandeurs mais ne pointe pas les éléments du milieu qu'il serait éventuellement nécessaire de mettre en relation pour résoudre la tâche demandée.

Enfin, nous notons que les deux enseignants interviennent très peu auprès des binômes, prennent peu la mesure des différences entre leurs chronogénèses, et ne contribuent pas ainsi à les atténuer. L'évaluation entre pairs comme finalité de l'activité conduit sans doute les enseignants à une grande retenue qui laisse place à une variété des trajectoires didactiques des binômes qui ne se concluent pas pour tous par un savoir proche du savoir visé. Les rares interventions des enseignants sont soit sur des aspects non cognitifs (fonctionnement du matériel) soit sur des aspects cognitifs mais pas en prise avec le questionnement des élèves.

Discussion

En somme, du point de vue du contrat didactique, il ressort de cette étude que le déroulement de l'activité dans les quatre binômes étudiés est différente, et cela est à associer à leur manière singulière de percevoir le rôle des éléments du milieu dans la réalisation de la tâche, s'inscrivant ainsi dans des contrats didactique locaux, les

conduisant à des savoirs construits de nature différente (en accord avec les résultats de Leutenegger et Quilio, 2013) : en particulier la prise en compte ou non de l'indication de la fréquence affichée sur le GBF, agir ou non sur la valeur de cette fréquence, les significations données aux grandeurs période et fréquence. Cela dit, tous les binômes s'inscrivent dans une forme de contrat pérenne selon lequel il est habituellement attendu des élèves en classe travaux pratiques de physique qu'ils effectuent « des » mesures, et dans un second temps cherchent des relations entre les variations des grandeurs associées à ces mesures. Concevoir un protocole avant de mettre à l'épreuve des mesures constituait une tâche qui pouvait conduire les élèves à s'approprier les définitions de mesure et de période. L'existence de ce contrat pérenne les a amenés à trouver rapidement des mesures, et à les associer par la suite à des grandeurs du milieu initial (période, fréquence), avec plus ou moins de succès.

Enfin, on ne peut que s'interroger sur ce qui détermine le peu d'interventions des enseignants, et leur caractère peu chronogénétique. Cette retenue nous paraît être causée par la contrainte de l'évaluation de la production des binômes par les pairs. Cela peut positionner le binôme comme responsable dans l'avancée du savoir ; mais cela peut aussi le placer en échec par rapport à la tâche et donc conduire à abandonner sa responsabilité dans l'avancée du savoir ; quoiqu'il en soit, cette retenue ne contribue pas à réduire les effets différenciateurs que cette modalité de travail, pour la situation étudiée, a fait émerger.

Conclusion

Nous avons cherché à spécifier les effets différenciateurs que la modalité de travail en binôme d'élèves en classe de physique provoque, dans le contexte d'une situation ouverte permettant de faire jouer une variété de rapports aux objets du milieu. Nous obtenons des résultats assez semblables à ceux des travaux pris en référence, même si la présente recherche d'une part ne possède pas toutes les données nécessaires (entretiens) à une interprétation plus nourrie, et d'autre part ne permet pas de rendre compte des trajectoires spécifiques des élèves à l'intérieur des binômes. Il reste que ces résultats montrent « en creux » l'effet chronogénétique qu'auraient des interventions de l'enseignant.e pour autant que ce.tte dernier.e prenne soin de situer sa régulation à la mesure de l'état chronogénétique des binômes, dans une perspective de construction d'une référence commune, ce qui contribuerait à la réduction des différences entre les binômes dans l'avancée du savoir ; ceci ne signifie aucunement que les trajectoires deviennent identiques, dans la mesure où elles restent irréductiblement possibles à partir d'un même milieu.

Bibliographie

- Amade-Escot, C., & Venturini, P. (2009). Le milieu didactique : d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Éducation et didactique*, (3-1), 7-43.
- Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (2009). An educational psychology success story. Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational researcher*, 38(5), 365-379.
- Leutenegger, F., & Schubauer-Leoni, M. L. (2002). Les élèves et leur rapport au contrat didactique: une perspective de didactique comparée. *Les dossiers des sciences de*

- Leutenegger, F., & Quilio, S. (2013). Hétérogénéité et attentes différentielles: une approche de didactique comparée. *Swiss Journal of Educational Research*, 35(1), 147-166
- Ligozat, F., & Leutenegger, F. (2008). Construction de la référence et milieux différentiels dans l'action conjointe du professeur et des élèves. Le cas d'un problème d'agrandissement de distances. *Recherches en didactique des mathématiques*, 28(3), 319-378
- Mercier, A., Schubauer-Leoni, M.-L. et Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. Introduction. *Revue française de pédagogie*, 141, 7-31.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). Agir ensemble. L'action conjointe du professeur et des élèves dans le système didactique. Rennes : PUR.
- Schubauer-Leoni, M.-L. (1996). Étude du contrat didactique pour des élèves en difficulté en mathématiques. Problématique didactique et/ou psychosociale. Dans C. Raisky & M. Caillot (dir.), *Au-delà des didactiques le didactique : Débats autour de concepts fédérateurs* (p. 159-189). Bruxelles, Belgique : De Boeck.
- Schubauer-Leoni, M. L., & Leutenegger, F. (2005). Une relecture des phénomènes transpositifs à la lumière de la didactique comparée. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 27(3), 407-429.
- Sensevy, G. (1998). *Institutions didactiques. Etude et autonomie à l'école élémentaire*. Presses Universitaires de France - PUF.
- Tiberghien, A., & Venturini, P. (2015). Articulation des niveaux microscopiques et mésoscopiques dans les analyses de pratiques de classe à partir de vidéos. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (11), 53-78.
- Van Leeuwen, A., & Janssen, J. (2019). A systematic review of teacher guidance during collaborative learning in primary and secondary education. *Educational Research Review*, 27, 71-89.

Apprentissage coopératif et autorégulation dans l'exploration de la nature de la science en première année d'université

Pascale Roca^{1,2}, Manuel Bächtold^{1,2}

1 : Observatoire de la Transformation Pédagogique, Université de Montpellier

2 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Université de Montpellier

Résumé

Cette étude vise à mieux comprendre le fonctionnement des étudiants en première année d'université lorsqu'ils travaillent en groupe au cours d'une séance dans laquelle ils explorent de façon explicite la nature de la science (NOS). L'approche consiste à analyser la nature et la fréquence des autorégulations dans les interventions de deux groupes et leurs liens possibles avec l'exploration coopérative de la NOS. Le fonctionnement des deux groupes est analysé en termes de trois types d'autorégulation (Anticipation, Performance et Réflexion) et trois types de Méta-discours (Méta-soi, Méta-autrui et Méta-groupe). L'analyse des interventions révèle une différence importante entre les deux groupes concernant le nombre d'interventions en lien avec la NOS. Le groupe qui a produit le plus d'interventions en lien avec la NOS a généré davantage (en nombre mais pas en proportion) de Méta-discours et davantage (en nombre et en proportion) d'autorégulations de type Anticipation.

Mots-Clés : Apprentissage coopératif ; Autorégulations ; Nature de la Science (NOS).

Apprentissage coopératif et autorégulation dans l'exploration de la nature de la science en première année d'université

Introduction

La compréhension de la nature de la science (NOS) est aujourd'hui reconnue comme un élément majeur de la culture scientifique que doit acquérir tout individu (Khishfe, 2022). Il semble donc essentiel de former les futurs enseignants sur la NOS pour qu'ils puissent à leur tour l'aborder de façon pertinente avec leurs élèves. Plusieurs études ont mis en évidence l'efficacité d'une approche explicite des sciences (Khishfe, 2022). Pour mettre en œuvre cette approche, une stratégie possible consiste à proposer aux étudiants d'explorer la NOS de façon coopérative (Abd-El-Khalick, 2013). Toutefois, les travaux en groupes s'appuyant sur les ressorts de l'apprentissage coopératif peuvent amener à des performances contrastées (Oliveira et Sadler, 2008). Les recherches récentes sur la coopération et les autorégulations apportent des pistes pour optimiser le fonctionnement des groupes et corrélativement pour approfondir l'exploration de la NOS avec une approche explicite. La présente étude propose de considérer différentes formes d'autorégulations utilisées par les groupes d'étudiants pour analyser le fonctionnement de ceux-ci et identifier des conditions rendant celui-ci plus efficace pour explorer la NOS.

Cadre théorique

NOS et approche explicite

La NOS est à présent un élément important de la culture scientifique et la comprendre est un objectif d'apprentissage essentiel des programmes d'enseignement scientifique dans plusieurs pays (Hodson, 2014). Le développement de conceptions éclairées sur la NOS contribue à une meilleure compréhension du contenu des connaissances scientifiques et à la formation de futurs citoyens et décideurs prenant en compte les sciences de façon critique (Khishfe, 2022). Certaines caractéristiques consensuelles des sciences méritent d'être abordées en formation : la nature empirique de la connaissance scientifique, sa nature provisoire, l'ancrage social et culturel de la connaissance scientifique et le mythe de la méthode scientifique (Lederman et al., 2002). Certains auteurs soulignent l'importance de développer une attitude critique à l'égard des sciences, en questionnant les sciences et ses méthodes (Allchin, 2011 ; Clough, 2012 ; Hodson, 2014 ; Matthews, 2012). L'approche explicite, qui consiste à aborder explicitement divers aspects des sciences, s'avère être une stratégie d'enseignement efficace pour mieux saisir les caractéristiques des sciences (Khishfe, 2022). Elle apparaît également comme une approche pertinente pour développer une attitude critique à l'égard des sciences, puisqu'elle est basée sur la discussion de la NOS. Si cette approche fixe comme objectif d'apprentissage la compréhension d'éléments clés de la NOS, elle ne doit pas être confondue avec un « enseignement explicite » suivant lequel l'enseignant devrait les expliquer directement (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Selon l'approche explicite, l'enseignant se contente d'attirer l'attention des apprenants sur ces éléments clés de la NOS et leur donne des opportunités de mener une réflexion qui porte explicitement dessus (Akerson & Volrich NOS 2006).

Apprentissage coopératif

Pour mettre en œuvre une telle approche explicite, plusieurs stratégies peuvent être envisagées. L'une d'elle consiste à s'appuyer sur des pédagogies actives centrées sur les étudiants et les invitant à coopérer pour explorer et discuter la NOS (Abd-El-Khalick, 2013). L'apprentissage coopératif peut être défini de manière minimale par ces deux éléments : les enseignants proposent une tâche aux élèves qu'ils doivent réaliser ensemble en petits groupes ; ils les tiennent responsables de leur propre apprentissage et de l'entraide qu'ils s'apportent (Buchs et al., 2016, p. 957). Il constitue une approche interactive très riche sur le plan conceptuel lorsque les groupes se voient assigner des problèmes à résoudre impliquant des négociations et la manipulation d'abstractions (Schwarz et al., 1991). Il est efficace à deux conditions : qu'il y ait une interdépendance des buts et une interdépendance des ressources (Johnson et al., 1990). Pour être efficaces, les groupes doivent gérer le processus de résolution de manière explicite (Chang & Wells, 1987).

Autorégulations

Des recherches récentes mettent en évidence les processus d'autorégulation qui sont à l'œuvre dans les activités coopératives. Celles-ci peuvent apporter des éclairages sur le fonctionnement des groupes et notamment pour mieux comprendre comment ils peuvent explorer de façon approfondie la NOS avec une approche explicite. L'apprentissage autorégulé peut être défini comme le degré auquel les étudiants participent activement sur le plan métacognitif, motivationnel et comportemental à leurs processus d'apprentissage (Zimmerman, 2013). Trois phases d'autorégulation peuvent être distinguées : l'*anticipation* (analyse de la tâche avant de l'exécuter), la *performance* (contrôle et ajustement de l'exécution de la tâche) et la *réflexion* (évaluation de ce qui a été réalisé et comment cela l'a été) (Zimmerman, 2013). La nature et la fréquence des autorégulations peuvent expliquer les différences entre les groupes au niveau de leur fonctionnement et de leurs performances, notamment en sciences (Oliveira & Sadler, 2008). Kuhn *et al.* (2020) ont comparé la proportion d'interventions exprimant une autorégulation de nature métacognitive dans les échanges oraux de groupes en fonction de leur performance pour résoudre un problème. Ils ont fait la distinction entre trois types d'interventions : les interventions méta-discursives axées sur la personne (*meta-self*) ou sur le groupe (*meta-group*) et les interventions de nature argumentative portant sur le thème en jeu dans la tâche (*topic-talk*). Les résultats de l'étude montrent que les groupes plus performants se distinguent par une plus grande proportion d'interventions Méta-groupe. Ces résultats pointent l'importance des autorégulations sur le fonctionnement du groupe pour mieux coordonner les actions de celui-ci.

Questions de recherche

La présente étude a pour objectif de mieux comprendre le rôle que peuvent jouer les autorégulations au sein d'un groupe d'étudiants pour favoriser l'exploration de la NOS. Les questions de recherche investiguées sont les suivantes :

QR1 : Comment les notions relatives à la NOS sont-elles manipulées au cours du travail en groupe ?

QR2 : Quelles sont la nature et la fréquence des autorégulations au sein du groupe ?

QR3 : Comment les phases de discussion des notions relatives à la NOS et les autorégulations sont-elles articulées au cours des interventions des étudiants ?

Méthode

Participants

Les participants de l'étude sont des étudiants en première année d'une formation de pré-professionnalisation au métier d'enseignant. Ils construisent en ce début de formation les bases de leur culture scientifique commune avec notamment une éducation à la NOS. La présente étude porte sur deux groupes, notés G1 et G2, constitués de 5 et 3 étudiants.

Dispositif de formation et recueil des données

L'activité à laquelle participe les deux groupes se base sur une approche explicite de la NOS et consiste en un travail coopératif sur le thème du concept scientifique. Au cours d'une séance de 60 minutes, les groupes ont pour consigne de réaliser en autonomie une affiche pour présenter et/ou définir la notion de concept scientifique en utilisant leurs connaissances antérieures (nourries par les séances précédentes) et des ressources sélectionnées par l'enseignante sur le concept scientifique. L'exploration de la notion de concept scientifique permet d'aborder différents aspects de la NOS. Les deux groupes d'étudiants sont filmés au cours de la séance et le verbatim issu des vidéos est analysé.

Analyse des données

Une analyse thématique des interventions relevant de l'exploration de la NOS a été réalisée en distinguant les phases de simple évocation de notions relatives à la NOS (en lien avec la notion de concept scientifique) et les phases de discussion approfondie de la NOS (en lien avec la notion de concept scientifique). Les trois catégories de Zimmerman (2013) ont été mobilisées pour décrire les phases d'autorégulation (Anticipation, Performance et Réflexion), avec une distinction entre une autorégulation sur une Micro-tâche (ex : lire le passage d'un texte) ou sur une Macro-tâche (ex : lire les ressources pour en extraire des informations utiles). La distinction de Kuhn et al. (2020) entre deux types de Méta-discours (Méta-soi et Méta-groupe) est reprise, avec deux catégories supplémentaires (Méta-autrui et Méta-sans-acteur). Les différentes catégories sont illustrées dans le tableau 1.

Catégories	Exemples extraits du verbatim
Evocation NOS	« Là c'est que des trucs sur l'aspect de la science... » « Bon, le document 3, donc ça c'est quelques concepts scientifiques. »
Discussion NOS	« Ouais, on peut le survoler... après par contre c'est hyper intéressant. Ils disent que le concept scientifique, il évolue... c'est ça non ? Enfin d'après ce que j'ai compris... tu vois. » « Euh comme une vérité générale. Tu t'appelles [Prénom du camarade]. C'est une étiquette. C'est attribué à toi. »
Anticipation	« N'empêche, le truc de concept scientifique on pourrait le faire à la limite sous la forme de fiche concept » [Macro-tâche / Méta-groupe] « Moi j'ai une question : vous pensez que ça sert à quelque chose de lire le reste ? » [Micro-tâche / Méta-autrui]
Performance	« Je comprends rien du tout moi. » [Micro-tâche / Méta-soi] « Tu vois ce que je veux dire ? » [Micro-tâche / Méta-autrui]
Réflexion	« Ça, c'est fait. » [Micro-tâche / Méta-sans-acteur] « On a tout écrit. » [Micro-tâche / Méta-groupe]

Tableau 1 : Illustration des catégories par des extraits du verbatim

Résultats

La nature des interventions a d'abord été analysée selon qu'elles portaient ou non sur la NOS. Puis, la profondeur de la discussion de la NOS a été examinée (tableau 2). G1 a produit 527 interventions, nettement plus que G2 avec 309 interventions, mais également beaucoup plus d'interventions de type discussion NOS. Au-delà des résultats quantitatifs, on observe

que plusieurs caractéristiques d'un concept scientifique, relevant de la NOS, ont été discutés par les étudiants. Pour les deux groupes, ont été abordés : son caractère évolutif par ruptures, sa fonction de raccourci symbolique, la notion d'attribut. G1 a également abordé son statut d'outil intellectuel, son lien avec la démarche expérimentale, tandis que G2 s'est penché sur la notion de paradigme.

	Nombre total d'interventions produites	Evocation NOS	Discussion NOS
G1	527 100 %	83 16 %	91 17 %
G2	309 100 %	50 16.5%	29 9 %

Tableau 2 : Nombre et type d'interventions portant sur la NOS

L'analyse a porté aussi sur les autorégulations, leurs fréquence et nature (tableau 3). Les autorégulations sont nombreuses pour les deux groupes et portaient majoritairement sur une Micro-tâche. Pour les deux groupes, la plus grande partie des autorégulations est de type Performance, avec un pourcentage supérieur pour G2. On note une différence notable au niveau de l'Anticipation, qui est deux fois plus importante pour G1 que pour G2. Pour les deux groupes, les autorégulations de type Réflexion sont très peu présentes.

G1	263 autorégulations 50 % des interventions	72 % sur Micro-tâche 28 % sur Macro-tâche 33.5 % Anticipation 64.5 % Performance 2 % Réflexion
G2	156 autorégulations 50.5 % des interventions	79 % sur Micro-tâche 21 % sur Macro-tâche 15 % Anticipation 79.5 % Performance 5.5 % Réflexion

Tableau 3 : Nombre et type d'autorégulations

Les interventions ont également été analysées en termes des types de Méta-discours qu'elles pouvaient éventuellement contenir (tableau 4). Les interventions avec Méta-discours sont différentes en nombre total mais équivalentes ou sans grande différence en pourcentages pour les deux groupes, de même que pour les types de Méta-discours.

G1	306 Meta discours présents dans 50 % des interventions des étudiants	36 % de type Méta- groupe
		32 % de type Méta-soi
		18 % de type Méta-autrui
		14 % de type Méta sans acteur
G2	178 Méta-discours présents dans 51 % des interventions des étudiants	36 % de type Méta- groupe
		27 % de type Méta-soi
		24 % de type Méta-autrui
		13 % de type Méta sans acteur

Tableau 4 : Répartition des Méta-discours

Enfin, une analyse de l'enchaînement des interventions en lien avec la NOS et des autorégulations a été réalisée. Lors de la lecture collective des ressources, les interventions NOS sont précédées de nombreuses autorégulations de type Anticipation pour G1 et G2. Pour G2, elles sont aussi accompagnées de nombreuses autorégulations de type Performance. Lorsque G1 réalise l'affiche, les interventions portant sur la NOS sont accompagnées de nombreuses autorégulations de type Anticipation et Performance et pour G2, de nombreuses autorégulations de type Performance.

Discussion

En réponse à QR1, les résultats contrastés entre les deux groupes montrent que le travail en groupe offre l'opportunité aux étudiants, mais ne leur garantit pas, d'avoir une discussion riche sur les notions relatives à la NOS. Cela confirme que le travail coopératif constitue une stratégie possible pour une approche explicite de la NOS (Abd-El-Khalick, 2013 ; Khishfe, 2022), mais pointe aussi le fait que certaines conditions doivent être réunies pour que cette stratégie soit efficace. Concernant QR2, il apparaît que le travail en groupe est propice à de nombreuses autorégulations des apprentissages. Dans les deux groupes, la majorité des autorégulations porte sur une Micro-tâche, ce qui suggère que les étudiants ne prennent que peu de hauteur par rapport aux activités réalisées. Les deux groupes se distinguent par le nombre total de Méta-discours (plus nombreuses pour G1) mais non par leur proportion, qui est équivalente dans les deux cas, ce qui nuance une précédente étude qui montre que les Méta-discours conditionnent les performances d'un groupe (Kuhn et al., 2020). En revanche, les deux groupes se distinguent par le type d'autorégulation : celles de type Anticipation sont nettement plus nombreuses (en nombre et en proportion) pour G1 qui a exploré la NOS de façon plus riche. S'agissant de QR3, il ressort que les autorégulations de type Anticipation précèdent ou accompagnent les activités de G1 lors desquelles les étudiants discutent les notions relatives à la NOS. Ce type d'autorégulation, qui porte sur la planification et l'organisation du travail, semble ainsi constituer une condition favorisant l'exploration de la NOS. Pour confirmer ou infirmer ces premières conclusions et les affiner, de nouvelles analyses sont à mener avec des groupes aux performances variables.

Bibliographie

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science and Education*, 22(9), 2087-2107.
- Akerson, V. L., Volrich, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 377-394.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (Whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542.
- Buchs, C., Gilles, I., Antonietti, J. -P., & Butera, F. (2016). Why students need to be prepared to cooperate : a cooperative nudge in statistics learning at university. *Educational Psychology*, 36(5), 956-974.
- Chang, G., & Wells, G. (1987). The literate potential of collaborative talk. Article présenté au colloque International Oracy Convention, Norwich, Angleterre.
- Clough, M. (2012). Effectively Teaching and Assessing the Nature of Science. *The Science Teacher*, 78(6), 56-60.
- Hodson, D (2014). Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In M. Matthews (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 911-970). Springer.
- Järvelä, S., Järvenoja, H., Malmberg, J., Isohätälä, J., & Sobocinski, M. (2016). How do types of interaction and phases of self-regulated learning set a stage for collaborative engagement? *Learning and Instruction*, 43, 39-51.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1990). Cooperative Learning and Achievement. In S. Sharan (Ed.), *Cooperative Learning: Theory and Research* (pp.23-37)
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2002). Social interdependence theory and university instruction: Theory into practice. *Swiss Journal of Psychology*, 61, 119-129.
- Khishfe, R. (2022) Nature of Science and Argumentation Instruction in socioscientific and scientific contexts. *International Journal of Science Education*, 44, 647-673.
- Khishfe R., & Abd-El-Khalick F.S. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 551–578.
- Kuhn, D., Capon, N., & Lai, H. (2020). Talking about group (but not individual) process aids group performance. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 15, 179-192.
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Matthews, M. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). *Advances in Nature of Science Research*, 3-26.
- Oliveira, A., & Sadler, T. (2008). Interactive patterns and conceptual convergence during student collaborations in science. *Journal of Research in Science Education*, 45(5), 634-658.
- Schwarz, N., Bless, H., Strack, F., Klumpp, G., Rittenauer-Schatka, H., & Simmons, A. (1991). Ease of retrieval as information: Another look at the availability heuristic. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61, 195-202.
- Zimmerman, B. (2013). From cognitive modeling to self-regulation: A social cognitive

career path. *Educational Psychologist*, 48(3), 135-147.

Symposiums

Enseigner l'évolution : analyses épistémologiques et conséquences didactiques et curriculaires

Marco Barroca-Paccard^{1,2,3,4}, Hanaà Chalak⁴, Abdelkrim Hasni⁵

1 : HEP Vaud, Suisse

2 : Laboratoire LiRED

3 : CREAS

4 : Centre de recherche en éducation de Nantes, Nantes Université - UFR Lettres et Langages, Le Mans Université

5 : Université de Sherbrooke, Québec

Résumé

La théorie de l'évolution articule les sciences historiques visant la reconstitution de l'histoire du vivant (Gayon, 2004), et les sciences fonctionnalistes, qui étudient les mécanismes de l'évolution (Fortin et Gobert, 2023). Ce symposium propose de faire une mise à jour des dimensions épistémologiques liées à la théorie de l'évolution, notamment vis-à-vis des récentes évolutions scientifiques comme la théorie extensive de l'évolution (TEE) qui depuis les années 2000 pose la question de la stabilité des concepts d'évolution mobilisés dans le cadre scolaire. Il s'agit aussi de (ré)interroger les spécificités des dimensions épistémologiques liées à la théorie de l'évolution notamment dans son articulation avec les épistémologies d'autres domaines de la biologie (nutrition, physiologie, écologie, épidémiologie...) mobilisant le concept de population, mais sans nécessairement impliquer une sélection, contrairement aux modèles darwiniens. Ces éléments épistémologiques seront mis en relation avec les approches didactiques et curriculaires de l'enseignement de l'évolution dans le cadre scolaire.

Mots-Clés : Didactique des sciences ; Épistémologie ; Théorie de l'évolution ; Approches curriculaires.

Enseigner l'évolution : analyses épistémologiques et conséquences didactiques et curriculaires

Symposium 1/2

Communications

PROPOSITION 1

- Épistémologie de la théorie évolutive : faut-il ou non élargir la théorie synthétique de l'évolution en une théorie extensive de l'évolution ?

PROPOSITION 2

- En contrepoint de l'enseignement de l'évolution, l'entrée dans des modélisations populationnelles non-darwiniennes en biologie fonctionnaliste.

PROPOSITION 3

- La théorie de l'évolution dans les moyens d'enseignements Vaudois : analyse épistémologique et didactique

Discutant(e)

Yann Lhoste

Présentation du symposium

L'évolution occupe une place prépondérante dans le domaine des sciences du vivant et représente un sujet d'étude important au sein des programmes officiels d'enseignement de Sciences. La prise en compte de la dimension épistémologique de la théorie de l'évolution revêt une importance capitale, car celle-ci lie les sciences historiques, s'efforçant de reconstituer l'histoire du vivant (Gayon, 2004), aux sciences fonctionnalistes qui se penchent sur les mécanismes de l'évolution (Paulin et Charlat, 2020; Fortin et Gobert, 2023).

Ce symposium aspire à réinterroger les spécificités des dimensions épistémologiques associées à la théorie de l'évolution, notamment dans leur interaction avec les épistémologies d'autres domaines de la biologie tels que la nutrition, la physiologie, l'écologie ou encore l'épidémiologie. Ces disciplines explorent le concept de population sans nécessairement impliquer une sélection, à l'inverse des modèles darwiniens traditionnels. De plus, de récentes avancées scientifiques à l'instar de la théorie extensive de l'évolution (TEE) apparue depuis les années 2000 proposent une perspective élargie et complète sur le processus évolutif (Fuchs-Gallezot et Fortin, 2023). Elle englobe les mécanismes traditionnels de l'évolution, tels que la sélection naturelle, la dérive génétique, la mutation et la migration, tout en tenant compte d'autres facteurs qui influent l'évolution des organismes tels que les interactions écologiques, les contraintes physiques, les processus de coévolution entre espèces et les mécanismes épigénétiques. Cette théorie suscite des questionnements cruciaux concernant la stabilité des concepts d'évolution fréquemment mobilisés dans le cadre des programmes scolaires.

Les analyses épistémologiques de la théorie de l'évolution présentées seront liées aux conséquences didactiques et curriculaires de l'enseignement de l'évolution au sein des systèmes scolaires (Barroca-Paccard, 2023). L'objet de ce symposium est d'approfondir notre compréhension de l'enseignement de la théorie de l'évolution, en examinant comment les analyses conceptuelles et épistémologiques peuvent fournir des éléments d'analyse et de réflexion sur les contenus des manuels scolaires et les pratiques pédagogiques en classe. Ce symposium reposera sur des réflexions théoriques sur l'importance de la pensée populationnelle et son application potentielle ainsi que sur des données empiriques issues de classes et de manuels scolaires.

Bibliographie

- Barroca-Paccard, M. (2023). Place de la théorie évolutive dans les programmes de biologie français. In C. Fortin & J. Gobert (Eds.) *Recherches en didactique de l'évolution Enseignement, apprentissage et formation* (pages : 79-95), ISTE.
- Fortin, C. et Gobert, J. (2023). *Recherches en didactique de l'évolution Enseignement, apprentissage et formation*, ISTE. ISBN : 9781789481075
- Fuchs-Gallezot, M. et Fortin, C. (2023) La théorie évolutionniste extensive : controverses et nature des sciences (NOS). In C. Fortin & J. Gobert (Eds.) *Recherches en didactique de l'évolution Enseignement, apprentissage et formation* (pages : 125- 146), ISTE.
- Gayon, J. (2004). De la biologie comme science historique. Sens public, *dossier « La représentation du vivant — du cerveau au comportement »*, 1-11.
- Paulin, F. et Charlat, S. (2020). L'épistémologie des sciences biologiques et géologiques : une occasion d'enseigner l'incertitude ? *Raisons éducatives*, 24, 101-126.
<https://doi.org/10.3917/raised.024.0101>

La théorie extensive de l'évolution : une controverse actuelle. Opportunité de formation à la nature de la science ?

Magali Fuchs Gallezot¹, Corinne Fortin²

1 : UR EST, Université Paris-Saclay

2 : LDAR, Université Paris-Est-Créteil, Université Paris Cité

Résumé

Dans la perspective de contribuer à la réflexion sur la formation des futurs enseignants à la nature de la science, nous explorons une facette encore peu développée dans leur formation : celle des controverses scientifiques contemporaines. Or une question agite la communauté scientifique en biologie de l'évolution depuis les années 2000 : « faut-il ou non élargir la théorie synthétique de l'évolution (TSE) en une théorie extensive de l'évolution (TEE) ? ». L'opportunité de formation à la nature de la science que constitue un article de Nature publié en 2014 et écrit par les principaux protagonistes de cette controverse en mobilisant une double d'analyse est explorée aussi bien du point de vue de l'appropriation des savoirs en jeu que d'une meilleure compréhension de leurs processus de production (incertitudes associées, diversité des dimensions en jeu).

Mots-Clés : Théorie synthétique ; Théorie extensive ; Controverse ; Formation des enseignants ; Nature de la science.

La théorie extensive de l'évolution : une controverse actuelle Opportunité de formation à la nature de la science ?

Symposium de rattachement : Enseigner l'évolution : analyses épistémologiques et conséquences didactiques et curriculaires

Introduction

Depuis plusieurs années, les programmes français de SVT insistent sur la nécessité pour les élèves de « comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration » (MEN, 2019). Il existe donc un enjeu professionnel à former les enseignants à mieux comprendre et enseigner les dimensions épistémologiques des sciences, et notamment les modalités d'élaboration des savoirs scientifiques. Nous nous intéressons ici à la nature de la science, ou nature of science (NOS) dans le monde anglo-saxon, c'est-à-dire à un champ de recherche qui porte sur l'enseignement et l'apprentissage de l'idée de science et sur la compréhension des pratiques de production des savoirs scientifiques.

Nous explorons une facette encore peu développée dans la formation des enseignants : celle des controverses scientifiques contemporaines. Généralement centrée sur l'acquisition des résultats de la science ou sur des épisodes clés de son histoire, la formation des enseignants prend rarement en charge les controverses contemporaines, tout au plus sont-elles évoquées pour pointer du doigt l'incertitude des savoirs émergents (Dunlop & Veneu, 2019). Or, depuis les années 2000, une question agite la communauté scientifique en biologie de l'évolution : faut-il ou non élargir la théorie synthétique de l'évolution (TSE) en une théorie extensive de l'évolution (TEE) ? Il ne nous appartient pas de répondre à cette question ni même de prendre part à la controverse, mais nous souhaitons nous en saisir comme d'une opportunité pour explorer son potentiel didactique en matière de formation enseignante dans le champ de la NOS.

Cadre théorique et problématique de recherche

Contrairement aux controverses historiques, dont on connaît déjà l'issue, car reconstruites, rétrospectivement, à partir de savoirs scientifiquement éprouvés, les controverses scientifiques contemporaines, en raison même de l'instabilité des savoirs émergents, constituent

Le grand moyen pour entrer à l'intérieur de la science qui se fait. Si on considère les controverses non comme des combats, mais comme des moments où on commence par ne pas savoir, et où on discute, c'est la voie royale pour entrer dans l'activité scientifique. (Latour, 2006, p. 118).

Ainsi contextualiser une situation d'enseignement de la NOS par une controverse contemporaine permet de centrer l'apprentissage sur les alternatives en jeu, et pas seulement sur le caractère provisoire ou durable des savoirs (Allchin, 2011).

La controverse comprise au sens proposé par Dascal (1998 ; 2008) apparaît certes comme une pratique de confrontation d'explications concurrentielles pour répondre à un besoin d'intelligibilité, mais surtout comme une compétition épistémologique entre deux programmes de recherche. Pour situer la controverse comme objet d'étude didactique de la NOS, nous retenons qu'elle devient « le lieu où se déroule l'activité critique, essentielle pour le progrès rationnel de la connaissance » (Dascal, 1998, p. 103) et par conséquent un moyen de mieux comprendre ce qui pose problème.

L'intérêt de la controverse TSE/TEE repose sur le fait qu'elle relève d'une mise en concurrence des validités épistémiques des différentes approches au sein de la communauté scientifique (tableau 1).

TSE	TEE
<p>L'évolution est décrite en termes de variations génétiques soumises à la sélection naturelle ou à la dérive génétique. L'explication repose sur une sélection qui agit au niveau des gènes par microévolution.</p> <p>Dans le cadre de la TSE, la plasticité phénotypique et la construction de niches sont comprises comme des conséquences, et non des causes possibles d'évolution</p>	<p>La sélection n'agirait pas uniquement sur les mutations (microévolution), mais aussi sur les phénotypes alternatifs issus des processus de développement en interaction avec les variations de l'environnement.</p> <p>Ce qui conduit <i>de facto</i> à découpler la microévolution de la macroévolution puisque la sélection ne serait plus la seule en cause. Les biais de développement, la plasticité ou la construction de niche, l'épigénétique sont envisagés, dans ce cadre, comme des causes évolutives</p>

Tableau 1- Principaux points de dissensus entre théorie synthétique (TSE) et théorie extensive de l'évolution (TEE)

Notre contribution vise à engager une réflexion épistémologique pour une formation des enseignants permettant à la fois de faire évoluer leur compréhension de la controverse TEE/TSE, leur compétence à l'analyser dans ses différentes dimensions et d'ouvrir des possibles pour leur pratique.

Dans cette perspective d'analyse de cette controverse, il nous a paru pertinent de retenir :

- d'une part, l'approche des « pratiques sociales » (Maurines et al., 2013) car elle explicite les différentes dimensions des pratiques scientifiques impliquées dans l'élaboration des savoirs scientifiques, et prend en compte à la fois les acteurs et l'histoire de ces pratiques ;

- d'autre part, l'approche « Whole Science » (Allchin, 2011) car elle propose une « alphabétisation scientifique fonctionnelle » qui ne se limite pas à l'acquisition de connaissances déclaratives sur les sciences (Lederman, 2007). Elle intègre aussi une évaluation multidimensionnelle de la fiabilité des affirmations scientifiques, aspect qui nous paraît central dans le cas d'une controverse.

Ces deux approches, nous paraissent pouvoir être mises en perspective dans la mesure où elles appréhendent toutes les deux, de façon complémentaire, les sciences à différentes échelles de leur pratique (de l'individu à l'institution), tout en prenant en compte leur dimension historique. Dans cette recherche, il s'agit

- d'une part, d'explorer dans quelle mesure une analyse croisant ces deux approches peut contribuer à mettre en lumière les désaccords et les incertitudes qui traversent la controverse, et
- d'autre part, d'entamer une réflexion sur le potentiel didactique des outils d'analyse proposés à cette occasion pour la formation des enseignants de SVT.

Méthodologie

En nous appuyant sur l'analyse d'un article publié dans *Nature* (2014), intitulé « Does evolutionary theory need a rethink ? », nous explorons la controverse TSE/TEE du point de vue de la NOS dans la perspective d'ouvrir des possibles pour penser une formation sur les sciences de l'évolution, en particulier concernant le rôle du pluralisme théorique dans la construction des savoirs scientifiques.

Pratiques sociales (Maurines <i>et al.</i> 2013)		TEE	TSE	<i>Whole Science</i> (Allchin 2011)
Dimensions épistémologiques	Élaboration	« The data supporting our position gets stronger every day » (p. 162)	« Much less clear is whether plasticity can “lead” genetic variation during adaptation » (p. 163)	Observation et raisonnement
Ressources intellectuelles, instrumentales, etc.		« Strong support comes from [...] developmental biology, but also genomics, epigenetics, ecology and social science » (p. 162)	« Evolutionary biologists today draw inspiration from fields as diverse as genomics, medicine, ecology, artificial intelligence and robotics » (p. 163)	Histoire et créativité Pensée interdisciplinaire
Dimensions sociologiques	Communauté	« In the time since, as members of an interdisciplinary team, we have worked intensively » (p. 161)	« Most evolutionary biologists have a list of topics that they would like to see given more attention » (p. 163)	Interactions sociales parmi les scientifiques Liberté académique
Dimensions psychologiques	Attitude	Hostilité de certains biologistes évolutionnistes	Attitude sarcastique (vers de terre) Ou appel à l'humilité ?	Contexte humain
Dimension historique			Référence à Darwin et à l'histoire de la recherche en évolution	

Tableau 1 : Exemples de résultats obtenus au terme de l'analyse de la controverse montrant la diversité des dimensions des pratiques scientifiques mobilisées/mentionnées par les protagonistes de la controverse

Pratiques sociales (Maurines <i>et al.</i> 2013)	TEE	TSE	<i>Whole Science</i> (Allchin 2011)
Dimensions épistémologiques :	Division sur les processus à considérer comme fondamentaux pour expliquer l'évolution ?		Interactions sociales parmi les
Élaboration théorique/produit	« Without an extended evolutionary framework, the theory neglects key processes » (p. 161)	« Theory accommodates evidence through relentless synthesis » (p. 161)	scientifiques
	« An alternative vision of evolution is beginning to crystallize, in which the processes by which organisms grow and develop are recognized as causes of evolution » (p. 161) → Dépassement vision géocentrée	« Furthermore, the phenomena that interest Laland and colleagues are just four among many that offer promise for future advances in evolutionary biology » (p. 163) → Maintien vision géocentrée	limites des alternatives théoriques
Visées caractéristiques Puissance prédictive, explicative d'une théorie	« For example, cichlid fishes in L. Malawi are more closely related to other cichlids in L. Malawi than to those in L. Tanganyika, but species in both lakes have strikingly similar body shapes » (p. 162). « SET explains such parallels as convergent evolution : similar environmental conditions select for random genetic variation with equivalent results. This account requires extraordinary coincidence to explain the multiple parallel forms that evolved independently in each lake. A more succinct hypothesis is that developmental bias and natural selection work together. Rather than selection being free to traverse across any physical possibility, it is guided along specific routes opened up by the processes of development » (p. 162)	« So, none of the phenomena championed by Laland and colleagues are neglected in evolutionary biology. Like all ideas, however, they need to prove their value in the marketplace of rigorous theory, empirical results and critical discussion. The prominence that these four phenomena command in the discourse of contemporary evolutionary theory reflects their proven explanatory power, not a lack of attention » (p. 163)	Observation et raisonnement Explications alternatives

Tableau 2 : Exemples de résultats obtenus au terme de l'analyse de l'article montrant des enjeux épistémologiques de la controverse

Ainsi, l'analyse de l'article de *Nature* peut permettre en formation d'accéder au contexte épistémologique de la controverse, mais aussi de comprendre la nature de la compétition entre TEE et TSE. En particulier, comme le souligne Pievani (2012), ce qui pose problème, c'est que la TEE apparaît comme un programme de recherche alternatif à celui de la TSE, et non comme une continuité augmentée par un réassemblage théorique comme ce fut le cas pour le passage du darwinisme au néodarwinisme, d'où l'objet de la controverse.

C'est donc la mise en balance des arguments d'une partie de la communauté qui fera pencher

la balance (provisoirement ou définitivement) en faveur de la TSE ou de la TEE, ou maintiendra une forme de *statu quo* avec la cohabitation des deux cadres théoriques. Mais c'est aussi la dynamique du fonctionnement de la communauté scientifique, dans ces modes de production et de diffusion des savoirs, entre compétition et collaboration, que se joue l'issue de la controverse.

Conclusion

L'analyse de cette controverse, loin d'être résolue, est l'occasion de permettre aux enseignants en formation de prendre conscience que l'incertitude est indissociable des modalités d'élaboration des savoirs scientifiques. C'est aussi l'occasion de les former aux différentes pratiques scientifiques qui soutiennent la robustesse des savoirs en jeu. Le choix de cette la controverse comme support de formation peut ainsi contribuer à une meilleure appropriation du champ scientifique étudié par les futurs enseignants, mais aussi et surtout leur permettre de mieux comprendre les processus de production des savoirs scientifiques en jeu, en particulier à partir de l'identification des différentes dimensions de la NOS, pour ensuite pouvoir réellement les prendre en charge dans leur enseignement.

Bibliographie

- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542.
- Dascal, M. (1998). The study of controversies and the theory and history of science. *Science in Context*, 11(2), 147–154.
- Dunlop, L., & Veneu, F. (2019). Controversies in science. *Science & Education*, 28(6), 689–710.
- Laland, K.N., Uller, T., Feldman, M., Sterelny, K., Müller, G.B., Moczek, A., Strassmann, J.E. (2014). Does evolutionary theory need a rethink? *Nature News*, 514(7521), 161.
- Latour, B. (2006). Entretien avec Bruno Latour, Fossier et Gardella. *Tracés. Revue de Sciences humaines*, 10, 113–129.
- Lederman, J.S. (2007). Development of a valid and reliable protocol for the assessment of early childhood students' conceptions of nature of science and scientific inquiry. *Saarmste Executive*, 446.
- Maurines, L., Gallezot, M., Ramage, M.-J., Beaufils, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 7, 19–52.
- MEN (2019). Programme d'enseignement scientifique de la classe de première de la voie générale. *Bulletin officiel du ministère de l'Éducation nationale*, special issue 1, 22 January.
- Pievani, T. (2012). An evolving research programme: The structure of evolutionary theory from a Lakatosian perspective. In *The Theory of Evolution and its Impact*, Faslo A. (ed.) Springer, Milan.

En contrepoint de l'enseignement de l'évolution, l'entrée dans des modélisations populationnelles non-darwiniennes en biologie

Christian Orange^{1,2}, Denise Orange Ravachol³

1 : Centre de recherche en éducation de Nantes, Université de Nantes

2 : Université libre de Bruxelles, Centre de recherche en éducation

3 : Théodile-CIREL, Université de Lille

Résumé

Les travaux de didactique de l'évolution ont montré à la fois la difficulté et la nécessité de faire entrer les élèves dans une pensée populationnelle marquée par le hasard des variations et la sélection. Cependant, le concept de population, qui a germé dans la pensée scientifique dans la seconde moitié du XIX^e siècle, a eu d'autres implications dans les savoirs en biologie et donc, potentiellement, sur leur enseignement. C'est le cas de l'épidémiologie, mais aussi de l'écosystémique et de la nutrition. Dans ces domaines, contrairement aux modèles darwiniens, les modèles, s'ils mettent en jeu le hasard, ne font pas intervenir une sélection.

Le but de cette communication, qui prend appui sur des analyses épistémologiques et didactiques, est de caractériser les difficultés des élèves face aux modèles populationnels non darwiniens, de façon à penser leur articulation didactique avec les modèles darwiniens.

Mots-Clés : Biologie ; Pensée populationnelle ; Épidémiologie ; Écosystémique ; Nutrition.

En contrepoint de l'enseignement de l'évolution, l'entrée dans des modélisations populationnelles non-darwiniennes en biologie

Symposium de rattachement : Enseigner l'évolution : analyses épistémologiques et conséquences didactiques et curriculaires

Les travaux de didactique de l'évolution (Gobert, 2014 ; Gobert & Lhoste, 2023) ont montré à la fois la difficulté et la nécessité de faire entrer les élèves dans une pensée populationnelle (Mayr, 1976, 1989) marquée par le hasard des variations et la sélection. Il s'agit là d'une forme de pensée qui est apparue au milieu du XIX^e siècle et qui, si l'on suit notamment François Jacob, ne concerne pas que la biologie évolutionniste : « elle va se manifester indépendamment dans des domaines fort éloignés : dans l'analyse de la matière avec Boltzmann et Gibbs, dans celles des êtres vivants avec Darwin, Wallace et, de son côté, Mendel » (Jacob, 1970, p. 190). Jacob précise encore qu'il y a deux manières d'envisager une collection d'objets appartenant à la même classe :

on peut y voir une collection d'objets identiques ou, au contraire, une collection d'individus qui ne sont jamais exactement identiques [...]. Ce qu'il s'agit alors de connaître, c'est la population dans son ensemble à travers sa distribution. (Ibid., p. 191).

Pour Jacob, le passage de la première façon de considérer les objets à la seconde marque le début de la pensée scientifique moderne (Ibid.). Si l'entrée dans la pensée populationnelle a eu une si grande importance en sciences, on peut penser qu'il en est de même dans l'apprentissage scientifique, pour ce qui est de la théorie de l'évolution, certes, mais vraisemblablement aussi dans d'autres domaines. L'objet de cette communication est d'explorer cette hypothèse pour ce qui est de la biologie fonctionnaliste (Mayr, 1989, p. 78). Nous partirons des caractéristiques de la pensée populationnelle en biologie évolutive, pour les comparer à des modes de pensée à l'œuvre dans d'autres champs de la biologie, notamment fonctionnaliste. Il s'agira à chaque fois de le faire des points de vue épistémologique et didactique en essayant notamment de comprendre les difficultés que peuvent rencontrer les élèves.

La pensée populationnelle en biologie évolutive

C'est un point qui a donné lieu à de nombreux travaux aussi bien d'un point de vue épistémologique que didactique (voir Fortin et Gobert, dir., 2023)¹ que nous ne pouvons pas tous reprendre ici. Historiquement, selon Mayr (1976), la pensée populationnelle s'oppose à la pensée typologique : « La découverte de l'importance de l'individu fit passer Darwin de la pensée typologique à la pensée populationnelle » (Mayr, 1989, p. 454). Alors qu'au début du XIX^e siècle, les espèces étaient pensées comme des types, les variations au sein d'une espèce étant soit niées soit considérées comme des imperfections, Darwin fait de la variation

¹ Les références données ici proposent une revue de littérature développée.

des individus au sein d'un ensemble de la même espèce² le point nodal de sa théorie : c'est pour lui une caractéristique essentielle sur laquelle va jouer la sélection. Il y a ainsi un double jeu du hasard : dans la production de la variation et dans la sélection où le hasard joue un rôle différentiel, selon le milieu, dans la survie et/ ou la reproduction des individus dans leur variété.

Ainsi, chez Darwin, comme dans les théories de l'évolution du XX^e siècle que nous dirons rapidement darwiniennes (la théorie synthétique, par exemple), l'individu est important car porteur de la variation. Mais cette variation et ses conséquences sont à penser au sein d'une population dans la mesure où le modèle ne porte pas sur le devenir de chacun des individus mais sur des probabilités qui dépendent de leurs caractéristiques.

La pensée populationnelle, condition pour comprendre les théories darwiniennes de l'évolution, présente des difficultés pour les élèves de tout âge. Cependant, contrairement à ce qui s'est passé au XIX^e siècle, ces difficultés ne tiennent pas nécessairement à ce qu'ils ont une conception typologique, mode de pensée élaboré qui s'est construit entre la fin du XVIII^e et de début du XIX^e autour des problèmes de taxinomie, d'anatomie comparée et d'organisation (voir Foucault, 1966, pp. 238-245). Plus qu'à une pensée par type, elles tiennent plutôt à des conceptions « transmutationnistes » ou « pseudo-évolutionnistes », sans sélection, pour reprendre les catégories de Fortin (2009, pp. 47-51), qui pensent la transformation d'individus ou de lignées notamment par métamorphose (Rumelhard, 1995). Après ce rapide rappel de la pensée populationnelle et de ses enjeux en didactique de l'évolution nous allons questionner ce qu'il en est dans d'autres domaines de biologie, l'épidémiologie et la biologie fonctionnaliste. Notons d'abord que le modèle variabilité / sélection est mobilisé dans des études sur les mécanismes évolutifs qui ne sont pas à proprement parler historiques, comme des expérimentations sur des élevages de drosophiles (par exemple Yardley et al., 1977) ou dans des cas d'évolutions rapides comme pour les Phalènes du Bouleau (Kettlewell, 1959). Notons encore que, depuis quelques dizaines d'années, des modèles sélectifs, de type darwinien, ont remplacé dans plusieurs domaines de la biologie, les modèles instructifs : développement cérébral, immunologie, ontogenèse, etc.

Dans ce qui suit, nous avons choisi d'étudier des domaines où la pensée populationnelle n'est pas de type darwinien mais où elle pose, comme pour les théories de l'évolution, des difficultés aux élèves.

Pensée populationnelle et épidémiologie

Si une discipline peut revendiquer un lien avec le concept de population, c'est bien l'épidémiologie (Coquidé & al., 2006). Mais s'agit-il de la même conception de la population que dans les théories darwiniennes de l'évolution ? Giroux (2008) explique les transformations de cette discipline au milieu du XX^e siècle, passant d'une épidémiologie descriptive à une épidémiologie des facteurs de risques. Cette dernière met en œuvre des

² Gayon (2012) remarque que Darwin n'emploie pas le mot de population au sens que nous lui donnons aujourd'hui.

enquêtes (enquêtes cas-témoins et enquêtes de cohortes) qui ne portent pas sur des populations entières mais sur des groupes d'individus bien définis. Ce faisant elle se centre davantage sur l'individu que l'épidémiologie descriptive. Se référant aux travaux de Mayr (1976), Giroux questionne alors l'idée de pensée populationnelle dans l'épidémiologie moderne et conclut : « On retrouve donc dans l'épidémiologie moderne le souci de la diversité des individus et de l'analyse des variations qui caractérise la pensée populationnelle. »

On a donc une ressemblance certaine entre la pensée populationnelle en épidémiologie moderne et celle des théories darwiniennes de l'évolution. On peut cependant noter des différences importantes :

- Quand la variation darwinienne est due au hasard qui renvoie, dans la théorie synthétique, aux mutations et à la « loterie » de la procréation, en épidémiologie, la variation relève de la génétique mais aussi des conditions de vie (alimentation, activité, milieu...).
- Quand, dans les théories de l'évolution, la variation donne prise à une sélection dans un contexte écologique donné, en épidémiologie, les variations sont reliées à des facteurs de risque à prendre en compte à des fins de prophylactiques. Il n'est pas question de sélection...

D'un point de vue didactique, l'épidémiologie prend une place plus ou moins assurée dans les programmes en lien notamment avec le développement des « éducations à », à la santé notamment. Mais, à notre connaissance, il y a peu de publications de didactique de l'épidémiologie au niveau secondaire.

Pour les élèves, l'entrée dans une pensée populationnelle correspond à une tension entre individus et population qui leur demande de dépasser la seule pensée individuelle : un facteur de risque (tabac, par exemple) ne peut pas être remis en cause par le cas d'une personne fort âgée présentant un facteur de risque élevé ; le fait qu'un vaccin n'annule pas totalement le risque de maladie et/ ou de transmission, ne remet pas en cause son efficacité au niveau de la population. D'un autre côté, l'étude de l'épidémiologie conduit à distinguer corrélation et causalité, et donc à avoir un regard critique sur les facteurs de risque (Astolfi, 2006) : « il s'agit d'établir des présomptions causales en l'absence de certitude et parfois d'explication » (Coquidé & al., 2006, p. 16).

Pensée populationnelle en biologie fonctionnaliste

Pour reprendre les propos de Jacob (1970, p. 190) cités plus haut, la pensée populationnelle se caractérise par la prise en compte de la variabilité au sein d'une collection d'objets (êtres vivants, molécules), mais d'objets que l'on ne peut pas suivre individuellement. La variation est donc définie dans un cadre probabiliste. Elle peut porter sur des différences entre les objets eux-mêmes ou sur leur « comportement ». En cela elle s'oppose à une pensée typologique ou essentialiste, comme le note Mayr (1976) pour l'évolution, mais aussi, forme fréquente chez les élèves, à une pensée centrée uniquement sur les objets ou les individus, sans référence à une population. Pour suivre les analyses de Sober (1980), reprises par

Giroux (2008), dans la pensée populationnelle, la variation acquiert une dimension ontologique : elle joue le rôle d'explication dans les modèles quand elle est ce qu'il faut expliquer dans l'approche typologique.

Peut-on étendre ces analyses épistémologiques et didactiques à des domaines de biologie fonctionnaliste ? Nous nous limiterons ici au domaine de la nutrition dans les écosystèmes et les organismes.

Pensée populationnelle et écosystémique

Dans l'étude des écosystèmes, ce sont des populations qui sont prises en compte, par exemple, dans les modèles de chaînes alimentaires et de réseaux trophiques. La figure 1 reproduit un document d'un manuel de cycle 4 (Hatier, 2017).

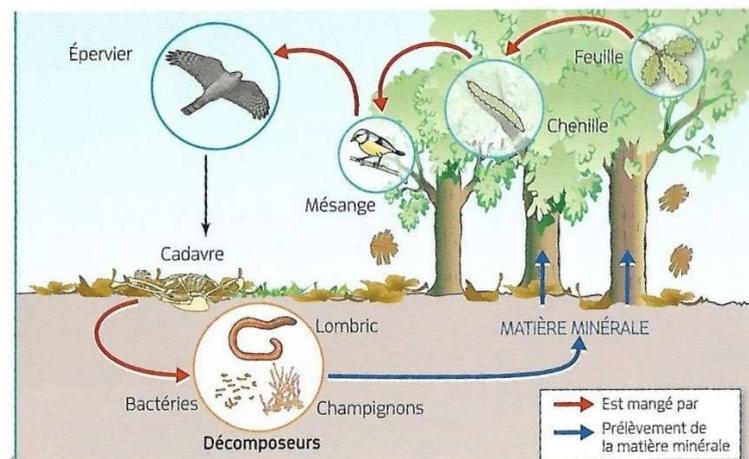


Figure 1 : « une forêt, des êtres vivants en relation » (Hatier cycle 4, 2017 p. 84)

Dans ce schéma, le fait que la mésange soit « mangée par » (flèche) l'épervier ne fait pas disparaître, en une seule capture, toutes les mésanges de la forêt. Mésange et épervier représentent bien des populations et non des individus. Cependant, dans un réseau trophique ou même dans un modèle de dynamique des populations de cet écosystème, s'il y a variation, elle ne concerne pas les individus eux-mêmes (les mésanges ne sont pas pensées différentes³) mais leur destin possible : certaines sont mangées pendant tel laps de temps et d'autres pas, d'autres naissent ou changent de forêt. Cela est donc différent d'un modèle de sélection naturelle, par exemple celui des Phalènes du Bouleau (voir Poncelet et al., 2023), où le phénotype joue sur les probabilités de prédation. Peut-on dire alors que ce type de modèle correspond à une pensée populationnelle ? Oui, si on considère que la variation est celle du devenir des individus (mort, naissance, migration...), devenir que l'on ne suit pas pour chacun d'entre eux mais seulement d'un point de vue probabiliste. Et cela ne correspond pas à une pensée typologique dans la mesure où la mésange, par exemple, ne représente pas le type mésange mais la population mésange de la forêt. En tout cas, pour

³ Si on les pense différentes et que ces différences jouent sur la prédation, comme dans le cas des Phalènes, on en revient à un modèle darwinien de la sélection.

l'élève, il s'agira bien de comprendre que le schéma concerne des populations et non des individus.

On voit donc que la pensée populationnelle ne prend pas qu'une seule forme selon les problèmes biologiques étudiés. Autant nous pouvions trouver une certaine similitude entre les modèles darwiniens de l'évolution et les modèles épidémiologiques, autant nous ne sommes pas, dans le cas de l'écosystème, dans une variabilité des individus mais une variation d'histoire, même si aucune histoire individuelle n'est connue précisément.

De tels modèles, que l'on peut mettre sous la forme de modèles à compartiments ou de modèles à transformation (Orange, 1997 ; Delattre, 1985), se rencontrent également en physiologie et posent un certain nombre de difficultés aux élèves. Nous en présentons, dans ce qui suit, quelques cas.

Pensée populationnelle en physiologie de la nutrition

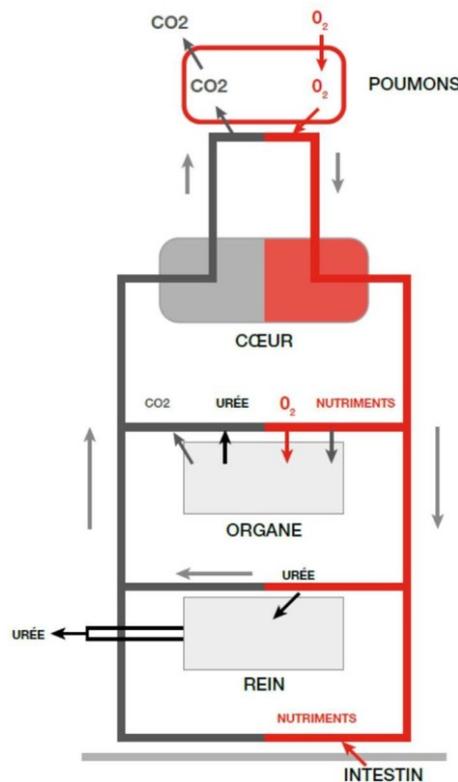


Figure 2 : un schéma de la circulation sanguine du point de vue de la nutrition

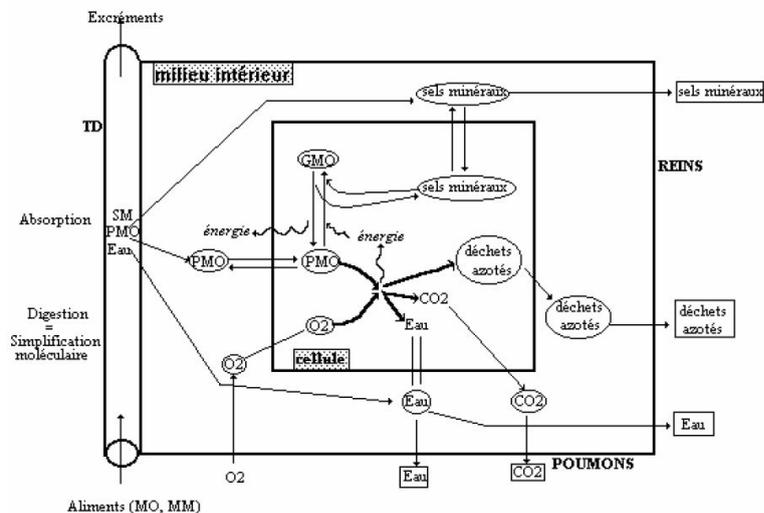
Voici des élèves de lycée qui étudient la circulation sanguine dans le corps humain (Orange & Orange, 1995 ; Orange & Orange Ravachol, 2023). Si on focalise leur attention sur la façon dont tel organe, un muscle par exemple, s'approvisionne en nutriments, ils ne comprennent pas le fonctionnement du système circulatoire (figure 2) où le tube digestif est placé en parallèle par rapport au muscle. Plus exactement, ils arrivent à le faire fonctionner mais en trouvant fort inutile ce passage des nutriments depuis l'intestin par le cœur, les poumons, le cœur encore avant d'atteindre le muscle. Ils raisonnent donc sur un trajet des molécules de nutriment qu'ils mettent en histoire et non sur la population des molécules dans

le sang : à tout moment il y a des molécules de tel nutriment (glucose par exemple⁴) dans l'environnement du muscle en question ; certaines entreront dans les cellules et d'autres non, même si elles ne semblent pas distinguables *a priori*.

De même, quand ces élèves s'intéressent à l'excrétion des déchets azotés (simplifiés en urée sur le schéma) que produisent les muscles, ils ne comprennent pas l'absence de trajet direct du muscle jusqu'aux reins. Et, quand ils acceptent difficilement d'envisager un trajet qu'ils peuvent raconter sur le schéma de la circulation (figure 2), ils ne comprennent pas comment les molécules de déchets « savent » qu'il faut bifurquer depuis l'aorte dans l'artère rénale et ne pas continuer dans l'aorte.

Bien sûr le schéma de la circulation n'aide pas les élèves à se départir de leur explication par mise en histoire, puisqu'il traduit un déplacement du sang. Mais ce schéma est culturellement implanté et il est important, même si c'est difficile, que les élèves sache le faire fonctionner en termes de populations de molécules, en dépassant les explications séquentielles.... Et ce n'est pas simple : rappelons qu'historiquement la nutrition a longtemps été expliquée par de tels modèles séquentiels : Galien au II^e siècle avec un modèle en irrigation qu'est venu contredire Harvey (1628) et son modèle de la circulation sanguine ; jusqu'à Bernard qui, lorsqu'il développe le concept de milieu intérieur (1865), invente la nutrition indirecte (1878) qui, bien que compliquée (les nutriments passent d'abord par une mise en réserve avant d'aller aux organes), n'en reste pas moins séquentielle.

Prenons un dernier cas, celui d'élèves de première fasse à un schéma (figure 3) de la nutrition, proposé pour éviter l'écueil du schéma de la figure 2 (Orange Ravachol, 2003 ; Orange & Orange Ravachol 2023).



pMO = petites molécules organiques (acides aminés, hexoses, acides gras...).

gMO = grosses molécules organiques (protéines, glycogène, triglycérides...)

Figure 3 : Le schéma final rendant compte du métabolisme d'une cellule dans l'organisme (Orange, 1997).

⁴ Nous ne traitons pas ici de la question de la régulation de cette glycémie au cours du temps (pendant et en dehors des repas).

Comme dans le schéma de la figure 1, les éléments de ce schéma (PMO et GMO à l'intérieur de la cellule, par exemple) ne représentent pas un objet, mais une population d'objets, ici de molécules, *a priori* non distinguables. Ici encore, les élèves de lycée ont des difficultés à faire fonctionner un tel modèle. Par exemple, s'ils traduisent bien les deux flèches entre PMO et GMO dans la cellule comme des transformations de l'un dans l'autre et inversement, cela leur pose un certain nombre de questions. Voici, par exemple deux extraits d'échanges entre deux élèves à ce sujet :

10 S: On va tourner, ça fait des GMO, ça se casse et ça refait des mêmes PMO? C'est les mêmes PMO qui se refont ?

11 P: Oui, que celles qui ont servi, oui.

12 S: Mais alors à quoi ça sert de les faire ? Puisqu'elles font, elles se refont elles se cassent et ça forme les mêmes PMO... et ces PMO là, après elles partent ?

« C'est les mêmes PMO » ? Même en tant que molécule, ou même en tant qu'ensemble de molécules de même sorte ? Individu ou population. Quant à la question « à quoi ça sert », elle montre la difficulté à penser en termes d'équilibre entre des populations plutôt qu'en transformations d'un objet. Derrière ces difficultés apparaît toujours la même tendance à expliquer par des mises en histoire :

31 S : Donc en fait, de toute façon, c'est la respiration cellulaire qui se fait **en premier** parce que pour faire des GMO, y-a besoin d'énergie. Donc quelque part, y-a besoin qu'**au départ**, il y ait eu de la respiration qui se soit faite.

Dans les modèles explicatifs de la nutrition, la pensée en populations se heurte à une pensée qui porte sur l'histoire d'individus.

Discussion

Nous avons voulu mettre en avant, pour discussion, que penser en termes de populations se retrouve dans un nombre important de problèmes biologiques, au-delà de ceux concernant l'évolution. Certes ce concept de population n'est pas partout tout-à-fait identique, selon les domaines et les problèmes (voir aussi Develay et Ginsburger-Vogel, 1987). D'ailleurs, comme le note Giroux (2008), « il apparaît que cette notion de pensée populationnelle demeure floue et équivoque aussi bien dans les propos même d'Ernst Mayr que dans l'usage qui en a été fait par ses successeurs ». Cependant une population est à chaque fois un ensemble d'objets (individus, molécules, ...) qu'on ne peut suivre individuellement mais qui présentent des différences (de nature ou de devenir) qui ne sont pensables qu'en termes de probabilités, que celles-ci soient exprimées ou que soient simplement envisagés des devenirs possibles différents.

Malgré son utilisation variée, le recours à l'idée de population est éclairant dans bon nombre de domaines de la biologie et de son enseignement, notamment en ce qu'il s'oppose aux explications communes de mise en histoire. On est là au cœur de la pensée biologique : René Thom (1983, p. 159) affirme ainsi que « l'aporie fondatrice de la biologie est de rendre compte de la relative stabilité des formes des êtres vivants en dépit du flux continu des

molécules qui les composent ». Il faudrait étendre ces propos à tout système biologique et à ses éléments (molécules ou individus ou...).

A chaque fois, cependant cette entrée dans une pensée populationnelle pose des difficultés aux élèves, y compris en fin de secondaire, car la mise en petite histoire fait de la résistance. Celles-ci viennent toutes de notre tendance profonde à expliquer à partir de personnages (individus, molécules, ...) auxquels on attribue des capacités individuelles censées servir d'explication : les molécules « savent » où aller, les êtres vivants « s'adaptent » au milieu. Dépasser ces explications premières, toutes empreintes d'une pensée intra-objectale (Piaget & Garcia, 1983) est une condition pour comprendre les systèmes biologiques. C'est donc d'un point de vue curriculaire qu'il conviendrait de travailler, dans différents domaines biologiques, l'entrée dans des pensées populationnelles.

Bibliographie

- Astolfi, J.-P. (2006). L'épidémiologie à l'école, pourquoi donc ? In M. Coquidé, J.-M. Lange & S. Tirard, *Epidémiologie, pour une éducation raisonnée à l'incertitude*. Vuibert ADAPT, 143-148
- Bernard C. (1865). Introduction à la médecine expérimentale. (édition Garnier-Flammarion, 1966)
- Bernard C. (1878). Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux (édition de 1966, Vrin).
- Coquidé, M., Lange J.-M. & Tirard S., dir. (2006). Epidémiologie, pour une éducation raisonnée à l'incertitude. Vuibert ADAPT.
- Delattre P. (1985). Système, structure, fonction, évolution. Maloine. Develay, M. & Ginsburger-Vogel (1987). Population. ASTER, 3, 19-71
- Fortin, C. & Gobert, J., dir. (2023). Recherches en didactique de l'évolution. ISTE éditions.
- Fortin, C. (2009). L'évolution à l'école. Armand Colin.
- Gayon, J. (2012). De Popper à la biologie de l'évolution : la question de l'essentialisme. *Philonsorbonne*, 6, 127-136.
- Giroux, E. (2008). L'épidémiologie entre population et individu : quelques clarifications à partir de la « pensée populationnelle ». *Bulletin d'histoire et d'épistémologie de la vie*, 15(1), 35-50.
- Gobert & Lhoste (2023). Conquérir un point de vue populationnel et historique pour apprendre l'évolution. *Éducation et didactique*, 17(1), 9-42.
- Gobert, J. (2014). Processus d'enseignement apprentissage des raisonnements darwiniens en classe de SVT [thèse de doctorat]. Université de Caen-Basse-Normandie.
- Harvey, W. (1628). *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*
- Jacob, F. (1970). La logique du vivant. Gallimard.
- Kettlewell, H.B.D. (1956). Further selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera. *Heredity*, 10, 287-301.
- Mayr, E. (1976). Typological versus Population Thinking. In E. Mayr, *Evolution and the Diversity of Life. Selected Essays*. Harvard University Press p. 26-29.

- Mayr, E. (1989). Histoire de la biologie. Fayard.
- Orange, C. & Orange Ravachol, D. (2023). Pensée critique et savoirs en SVT : un point de vue depuis le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation. RDST, 28, 115-142.
- Orange, C. & Orange, D. (1995). Géologie et biologie : analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. ASTER, 21, 27-49
- Orange, C. (1997). Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée? P.U.F.
- Orange Ravachol, D. (2003). Tendance à la « mise en histoire » par les élèves de lycée en sciences de la vie et de la Terre : étude de deux cas. Actes des 3èmes Rencontres scientifiques de l'ARDiST, Toulouse, octobre 2003, 230-245.
- Piaget J. & Garcia R. (1983). Psychogenèse et histoire des sciences. Flammarion.
- Poncelet, J.-F., Orange, C. & De Biseau, J.-C. (2023). Construction du concept de la sélection naturelle par des élèves de sixième primaire. In C. Fortin & J. Gobert, Recherches en didactique de l'évolution. ISTE éditions. p. 255-286.
- Rumelhard, G. (1995). Permanence, métamorphose, transformation. Biologie-Géologie (Bulletin de l'APBG), 2, 333-345.
- Sober, E. (1980). Evolution, Population Thinking and Essentialism. Philosophy of Science, 47, 350-383.
- Thom, R. (1983). Paraboles et catastrophes. Flammarion.
- Yardley, D. G., Anderson, W. W., Schaafferi, H. E. (1977). Gene frequency changes at the a-amylase locus in experimental populations of *Drosophyla pseudo-obscura*. Genetics, 87, 357-369.

La théorie de l'évolution dans les moyens d'enseignements vaudois : analyse épistémologique et didactique

Marco Barroca-Paccard^{1,2,3,4}, Sveva Grigioni Baur¹, Gwenaëlle Le Lay¹

1 : HEP Vaud, Suisse

2 : Laboratoire LiRED

3 : CREAS

4 : Centre de recherche en éducation de Nantes, Nantes Université - UFR Lettres et Langages, Le Mans Université

Résumé

La théorie de l'évolution est en effet un thème central, fédérateur et global permettant de donner du sens aux observations et expériences en biologie. L'étude se base sur la distinction entre les approches historiques et fonctionnalistes de l'évolution, ainsi que sur quatre catégories d'approches : mécanismes de l'évolution, diversification du vivant, classification en groupes emboîtés et classification phylogénétique pour analyser les moyens d'enseignement du canton de Vaud (Suisse) pour les cycles 2 et 3. En cycle 2, l'évolution est abordée principalement dans le cadre de la classification linnéenne, avec une légère ouverture vers les approches de groupes emboîtés. En cycle 3, l'étude montre une meilleure intégration des approches historiques, notamment la classification en groupes emboîtés et la classification phylogénétique. En revanche, les approches fonctionnalistes de l'évolution sont peu présentes dans les deux cycles.

Mots-Clés : Théorie de l'évolution ; Moyens d'enseignements ; Sciences historiques ; Sciences fonctionnalistes ; Classification du vivant.

La théorie de l'évolution dans les moyens d'enseignements vaudois : analyse épistémologique et didactique

Symposium de rattachement : Enseigner l'évolution : analyses épistémologiques et conséquences didactiques et curriculaires

Introduction

La célèbre phrase de Dobzhansky, en 1973, dans un journal américain consacré à l'enseignement de la biologie « *Nothing in biology makes sense except in the light of evolution* », est souvent reprise pour indiquer l'importance de la théorie évolutive. L'évolution biologique est en effet un thème central, fédérateur et global (David et Samad, 2011) permettant de comprendre et d'organiser les observations et les expériences dans un cadre conceptuel cohérent. Les données biologiques concernant notamment la diversité biologique/biodiversité, l'anatomie comparée, l'embryologie et la paléontologie ne font sens que dans le cadre de la théorie de l'évolution : « *Seen in the light of evolution, biology is, perhaps, intellectually the most satisfying and inspiring science. Without that light it becomes a pile of sundry facts some of them interesting or curious but making no meaningful picture as a whole.* » (Dobzhansky 1973, p. 129).

En ce sens, l'enseignement de la biologie devrait intégrer massivement la théorie évolutive à tous les niveaux du curriculum. Cette intégration curriculaire correspond à une forme de transposition didactique. Introduit par Chevallard en 1980, le concept de transposition didactique décrit la manière dont le savoir académique est transformé pour devenir d'abord des contenus destinés à l'enseignement, intégrés ensuite dans un programme pédagogique, et finalement matérialisé en enseignements concrets. Ravel (2003) détaille ce processus comme un cheminement en deux phases - de connaissances prévues pour l'enseignement (les programmes scolaires) à connaissances spécifiquement adaptées (les ressources, notamment les manuels et moyens d'enseignement), puis à l'enseignement dispensé en classe. Des travaux récents menés sur les programmes scolaires et les manuels de SVT ont permis de mieux comprendre la manière dont les contenus en évolution sont présentés en France (Barroca-Paccard, 2023; Chalak et Barroca-Paccard, 2021). Il n'existe cependant pas, à notre connaissance, de travaux récents sur ce thème dans le cadre du curriculum romand des sciences de la nature. Cette communication, propose donc de s'appuyer sur l'analyse des moyens (MER) officiels romands pour analyser la place des contenus en évolution et la manière dont ils y sont présentés.

Cadre pour analyser la place de la théorie de l'évolution dans le curriculum

Du point de vue de l'enseignement de la biologie, les débats ne portent pas sur la présence ou non de la théorie de l'évolution, mais sur la manière de l'intégrer au sein du curriculum en particulier de s'interroger sur le rôle qu'elle joue comme cadre explicatif des contenus de biologie. Pour cela il est nécessaire de construire des repères épistémologiques pour mieux comprendre ce que recouvre la notion d'évolution biologique. Le travail original de

Dobzhansky (1973) fait référence à l'existence d'une histoire évolutive commune des êtres vivants présentée comme indiscutable (l'évolution comme processus historique), mais ne concerne pas les mécanismes de l'évolution. Dobzhansky distingue ainsi l'évolution vue comme une histoire du vivant des mécanismes de l'évolution.

Du point de vue didactique, cette distinction est reprise dans le cadre de la problématisation des savoirs par Orange-Ravachol (2005) qui distingue les « sciences historiques » et les « sciences fonctionnalistes ». Paulin, Charlat et Triquet (2018) proposent des critères pour différencier les approches de sciences fonctionnalistes de ceux de sciences historiques. Les approches historiques « Étudient les mécanismes biologiques et géologiques et recherchent les lois universelles qui les régissent », alors que les approches fonctionnalistes « Étudient la répartition spatio-temporelle des objets biologiques et géologiques et les relations causales de leur enchaînement ». Dans un article récent, Gobert et Lhoste (2023) proposent également un cadre pour penser l'enseignement de l'évolution en considérant des couplages entre les Conditions de possibilité et les Obstacles liés. Ils identifient notamment l'importance de construire la biodiversité comme produit de l'histoire évolutive, de développer la pensée populationnelle, d'intégrer la pensée probabiliste au niveau allélique (flux génique) et d'intégrer les processus aléatoires et contingents. Enfin l'analyse des curriculums français de SVT (Barroca-Paccard, 2023), identifient les approches basées sur la biodiversité et la dynamique du vivant (biodiversité dynamique, temps, etc.); sur la classification évolutive et la lignée humaine (parenté, homo, classification, etc.); les approches probabilistes et populationnelles (modèle, Hardy-Weinberg, estimation, population, etc.). Plusieurs travaux mettent également de l'avant l'importance de la sélection naturelle pour enseigner l'évolution (Fortin et Gobert, 2023).

Sur la base de ces travaux, nous avons distingué quatre ensembles de connaissances et d'approches de la théorie de l'évolution qui étudient :

- les mécanismes biologiques de l'évolution (ME)
- les mécanismes de diversification du vivant (MDV)
- les ressemblances entre êtres vivants sur la base de caractères partagés (CGB)
- la filiation entre êtres vivants sur la base d'innovations évolutives (CPHE)

Pour chacune de ces catégories, nous avons déterminé plusieurs caractéristiques permettant de construire une grille synthétique (tableau 1) qui nous a servi de base pour réaliser l'étude de dimensions évolutives au sein des moyens d'enseignement de sciences de la nature.

	Mécanismes de l'évolution (ME)	Mécanismes de diversification du vivant (MDV)	Classification en groupes emboîtés (CGB)	Classification phylogénétique et histoire évolutive (CPHE)
Types de sciences	Fonctionnalistes	Fonctionnalistes	Historiques	Historiques
Objet d'étude	Les mécanismes biologiques de l'évolution	Les mécanismes de diversification du vivant	Les ressemblances entre êtres vivants sur la base de caractères partagés	La filiation entre êtres vivants sur la base d'innovations évolutives
Unité/diversité	Unité et diversité du vivant	Diversité du vivant	Unité du vivant	Unité et diversité du vivant
Exemples de notions abordées	Les mutations, la sélection naturelle, l'adaptation.	Notion d'espèce, Spéciation, diversité génétique, dérive génétique et biodiversité	Classification du vivant en groupes emboîtés	Étude de la parenté entre les êtres vivants (phylogénie), Histoire évolutive et étude de la lignée humaine
Principales méthodologies d'étude	Expérimentation, modélisations	Description modélisations	Mise en cohérence de données	Constructions d'arbres phylogénétiques et cladistiques, paléontologie
Dimension temporelle	À l'échelle micro/méso (quelques années à quelques siècles)	À l'échelle micro/méso (quelques années à quelques siècles)	Absente	Macro (échelles géologiques)

Tableau 1 : Grille synthétique des approches de la théorie évolutive en enseignement.

Analyse des moyens d'enseignements

Matériel et méthodes

Notre étude se base sur l'analyse d'un corpus constitué des moyens officiels accessibles dans le canton de Vaud pour les cycles 2 et 3 à partir de la rentrée 2024. Les moyens d'enseignement correspondent à des manuels correspondant aux objectifs et aux progressions du Plan d'études romand et dont une version imprimée est fournie aux élèves. Les enseignants et les formateurs peuvent également accéder à la version numérique et à des ressources complémentaires. Pour l'ensemble du corpus, les éléments liés à la théorie de l'évolution et à la classification du vivant ont été recherchés de manière systématique en fonction des éléments présents dans la Grille synthétique (Tableau 1). Les textes rédigés, les textes en citation, les documents, et les questions ou consignes pour les élèves ont été analysés. Lorsqu'une correction était disponible, celle-ci a aussi été analysée. L'analyse a été menée systématiquement par cycles. Le travail a été mené par les trois chercheurs impliqués en commençant par une analyse indépendante de l'ensemble du corpus. Dans un second temps, les différences dans l'analyse ont été discutées pour aboutir à une analyse commune.

Place de l'évolution en cycle 2

Les aspects liés à la théorie de l'évolution sont présents uniquement en huitième année de primaire dans le module 3 (fiches 19 à 30). L'essentiel de la classification y est présenté dans le cadre linnéen (6 fiches) selon une approche naturaliste qui repose sur l'identification des noms des espèces et la description de leur place dans la classification en règnes, embranchements, classes, ordres, familles, genres et espèces. La définition de l'espèce n'est pas présentée formellement et est utilisée essentiellement dans le cadre

linnéen. La classification en groupes emboîtés (CGB) est présentée, mais comme activité de regroupement global des différents êtres vivants qui ont été déterminés précédemment. La fiche 21 propose de mettre en place une activité basée sur le partage de caractères communs, mais en le situant toujours dans une perspective linnéenne (Figure 1). Cette présentation qui associe, classification linnéenne, critères partagés et diversité du vivant est ensuite reprise dans les fiches 22, 23, 24 et 25.

L'activité proposée dans la fiche 26 s'inscrit plus clairement dans une approche CGB car elle consiste à retrouver les critères permettant de replacer les êtres vivants dans des groupes emboîtés (Figure 1). Cependant cette activité propose des groupes préétablis ainsi que des critères donnés et constitue plutôt une manière de préparer la transition de la classification linnéenne à des approches de type CGB. Le texte accompagnant l'activité indique d'ailleurs une proposition (discutable) basée sur une volonté de généralisation plutôt que sur des critères liés aux partages de caractères communs, voir à l'existence de nouveautés évolutives.

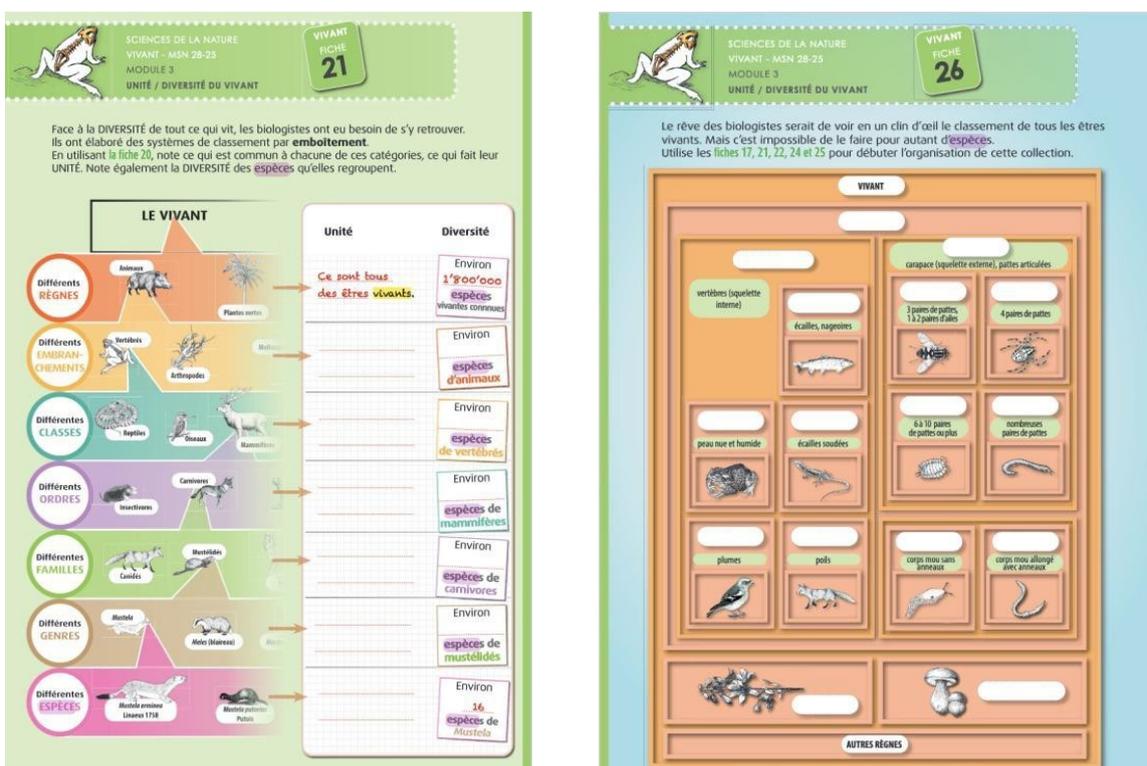


Figure 1. Fiches 21 et 26 portant sur la classification du vivant dans les moyens romands de huitième année de primaire.

La dimension évolutive est abordée de manière directe dans la fiche 28 (figure 2) qui correspond à une approche CPHE. La fiche propose une image spiralaire de l'histoire évolutive et met de l'avant la dimension temporelle. Les approches fonctionnalistes (ME et MDV) ne sont presque pas abordées dans un court texte indiqué dans la synthèse indiquant que « [...] les échassiers se sont adaptés aux milieux humides (fiche 27). Et parmi eux, chaque espèce s'est adaptée pour chasser à une profondeur d'eau différente (héron, chevalier, bécasseau) ».



Figure 2. Fiche 28 portant sur l'histoire du vivant.

Place de l'évolution en cycle 3

En cycle 3, les aspects liés à la théorie de l'évolution sont présents dans la proposition de séquence 25 : « Diversité et parenté du vivant ». Les premières activités sont construites pour construire la CGB. Ceci passe notamment par l'identification des critères des êtres vivants qui peuvent fonder cette classification « En biologie, pour décrire, comparer et classer les espèces vivantes, on utilise des critères observables correspondant « à ce que les êtres vivants ont », appelés des attributs. ». Ceci conduit à intégrer la dimension temporelle (Figure 3) et à développer une CPHE : « La classification scientifique a pour objectif de rendre compte des liens de parenté entre les êtres vivants, ce qui permet de comprendre leur histoire évolutive. Lorsque l'on classe des êtres vivants, on doit se poser la question :

« Est-ce que l'attribut que j'observe chez plusieurs êtres vivants a été hérité d'un même ancêtre ? » » (Activité 4). Plusieurs exemples portant notamment sur les animaux qui vivent dans et près d'un étang et les animaux qui vivent dans la forêt sont basés sur la construction de tableau des attributs et des ensembles emboîtés et/ou un arbre de classification associée.

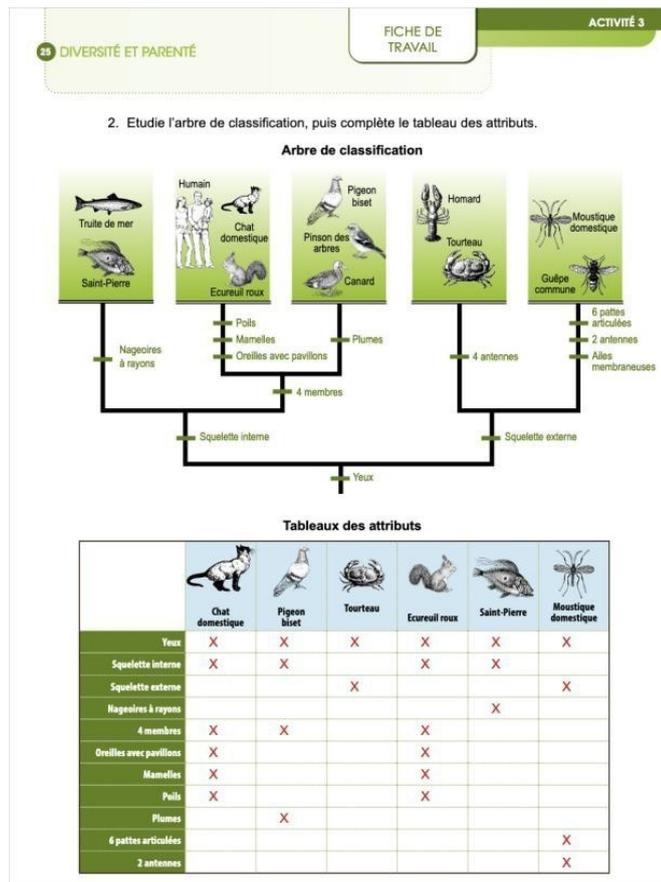


Figure 3. Activité 3 portant sur la classification d'un groupe d'animaux.

L'activité 7 se centre sur la notion d'espèce et sa définition. Il est indiqué que les animaux de la même espèce ne se ressemblent pas forcément (il peut y avoir des différences entre les sexes, les individus...) et les animaux d'espèces différentes peuvent se ressembler. Sur cette base le critère biologique de l'espèce est proposé « Les animaux de la même espèce peuvent se reproduire et avoir une descendance » et « Certains animaux peuvent se reproduire entre eux en captivité. Cependant, leur descendance est toujours stérile. Dans ce cas, ils ne sont pas considérés comme appartenant à la même espèce ». Les notions associées aux approches fonctionnalistes de l'évolution (ME et MDV) ne sont pas présentées

Discussion et conclusion

L'analyse des moyens d'enseignement montre une place importante pour les approches historiques à travers les approches classificatoires. En huitième année de primaire, la théorie est abordée avec un accent sur la classification linnéenne et les groupes emboîtés, sans toutefois inclure une présentation formelle de la définition de l'espèce. Les approches de la théorie évolutive ne sont quasiment pas traitées, sauf une mention brève des échassiers s'adaptant aux milieux humides. En cycle 3, les moyens se focalisent sur la construction de groupes emboîtés en se basant sur les attributs observables des êtres vivants, intégrant ainsi la dimension temporelle et les liens de parenté pour comprendre l'histoire évolutive, avec une attention particulière sur la notion d'espèce et sa définition biologique. En revanche, les approches fonctionnalistes ne sont que très peu présentées et les éléments qui y sont abordés ne permettent pas de dépasser la tendance au finalisme et la vision naïve de l'adaptation (adaptationnisme) est plutôt renforcée que combattue.

Cette analyse clarifie la contribution des moyens à la construction des savoirs en évolution et souligne l'importance de compléter les éléments présents par des ressources portant sur les mécanismes évolutifs en lien avec la sélection naturelle et sexuelle au sein des populations. Il serait nécessaire de fournir aux enseignants de cycles 2 et 3 des compléments de ressources ou des formations pour les accompagner et plus globalement qu'il serait intéressant de réfléchir, lors des futures évolutions des plans d'études et des moyens, à l'équilibre entre les dimensions fonctionnalistes et historiques de l'évolution.

Bibliographie

- Barroca-Paccard, M. (2023). Place de la théorie évolutive dans les programmes de biologie français. In C. Fortin & J. Gobert (Eds.) *Recherches en didactique de l'évolution Enseignement, apprentissage et formation* (pages : 79-95), ISTE.
- Chalak, H et Barroca-Paccard, M. (2021). La distinction entre savoir et croyance dans l'enseignement de la théorie de l'évolution : étude des programmes et des manuels scolaires de SVT. *Ressources*, 23, 124-134.
- David, P. et Samadi, S. (2011). *La théorie de l'évolution : une logique pour la biologie*. Flammarion, Paris.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129.
- Fortin, C. & Gobert, J. (2023). *Recherches en didactique de l'évolution Enseignement, apprentissage et formation*, ISTE. ISBN : 9781789481075
- Gobert, J. & Lhoste, Y. (2023). Conquérir un point de vue populationnel et historique pour apprendre l'évolution, *Éducation et didactique*, 17(1), 9-42.
- Orange Ravachol, D. (2005). Problématisation fonctionnaliste et problématisation historique en sciences de la terre chez les chercheurs et chez les lycéens, *Aster*, 40, 177-204.
- Paulin, F., Charlat, S. et Triquet, E. (2018). Les sciences historiques : un impensé épistémologique dans l'enseignement de l'évolution", *Recherches en éducation*, 32, 18-31.
- Ravel L. (2003). *Des programmes à la classe : étude de la transposition didactique interne. Exemple de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématique*. Thèse de doctorat en didactique des mathématiques, Grenoble : université Joseph-Fourier-Grenoble 1.

Enseigner l'évolution : pensée populationnelle et obstacle finaliste en classes de sciences

Marco Barroca-Paccard^{1,2,3,4}, Abdelkrim Hasni⁵, Hanaà Chalak⁶

1 : HEP Vaud, Suisse

2 : Laboratoire LiRED

3 : CREAS

4 : Centre de recherche en éducation de Nantes, Nantes Université - UFR Lettres et Langages, Le Mans Université

5 : Université de Sherbrooke, Québec

6 : INSPE-Nantes Université, CREN

Résumé

L'enseignement de la théorie de l'évolution pose de nombreux défis. Plusieurs travaux récents sont venus confirmer l'importance de dépasser un cadre explicatif finaliste en se basant sur le concept de sélection naturelle et sur une pensée populationnelle (Fortin et Gobert, 2023 ; Gobert et Lhoste, 2023). Ceci nécessite de mettre l'accent sur le hasard des variations et la sélection et de réaliser une transition des explications de type instructif à des explications de type sélectif, qualifiées de darwiniennes.

Ce symposium propose de s'appuyer sur des analyses de productions d'élèves ou d'enseignants de sciences pour mener des études sur les conditions de possibilité de développement d'une compréhension de la sélection naturelle et d'une pensée populationnelle. Les obstacles pouvant conduire à la persistance d'une vision finaliste considérant l'intentionnalité des processus évolutifs chez les élèves seront aussi discutés.

Mots-Clés : Didactique des sciences ; Finalisme ; Sélection naturelle ; Pensée populationnelle.

Enseigner l'évolution : pensée populationnelle et obstacle finaliste en classes de sciences

Symposium 2/2

Communications

Communication 1

- Mise à l'épreuve d'une double grille pour analyser les productions des élèves à propos du concept de sélection naturelle. Étude en France et en Belgique

Communication 2

- Le finalisme en classe de SVT au prisme de l'enseignement des fonctions biologiques

Communication 3

- Conquérir une pensée populationnelle en maternelle

Discutant(e)

Corinne Fortin

Présentation du symposium

L'enseignement de la théorie de l'évolution représente un défi majeur, nécessitant une approche qui dépasse un cadre explicatif finaliste. Des recherches récentes ont souligné l'impératif de se baser sur le concept de sélection naturelle et une pensée populationnelle (Fortin et Gobert, 2023 ; Gobert et Lhoste, 2023). Cette approche met l'accent sur le hasard des variations et la sélection, orientant ainsi la transition des explications de type instructif à des explications de type sélectif, qualifiées de darwiniennes.

Selon les cadres conceptuels actuels de la didactique de l'enseignement de l'évolution, l'acquisition d'une pensée populationnelle chez des élèves et le développement de raisonnements darwiniens (fondés notamment sur l'idée de variations intraspécifiques), peuvent conduire à une évolution conceptuelle. Une approche populationnelle de l'espèce, dans sa dimension historique, est en effet une condition de possibilité de construction du concept de sélection naturelle (Gobert et Lhoste, 2023). Ce symposium mettra en discussion l'intérêt et la polyvalence de ces cadres d'analyse dans la compréhension des processus d'apprentissage relatifs à la sélection naturelle. Des exemples menés lors d'entretiens avec de très jeunes enfants de maternelle, en situation de classe avec des élèves de lycées dans plusieurs pays (France et Belgique) et en situation de formation avec des enseignants, permettront de discuter également du problème du développement d'une approche populationnelle chez les élèves, et des conditions de possibilités et des obstacles à l'enseignement des concepts de population, d'espèce et de sélection, et notamment de l'obstacle du finalisme.

Ce symposium examinera également les obstacles pouvant maintenir une vision finaliste dans les explications évolutionnistes produites, notamment via la croyance en l'intentionnalité des processus évolutifs chez les élèves. En se basant sur une typologie du

finalisme, mettant en évidence son lien avec la relation structure- fonction, il sera possible de discuter les causes possibles de la persistance de l'intentionnalité des processus évolutifs chez les élèves. Le symposium mettra en lumière des perspectives clés pour appréhender les obstacles et les avancées des recherches dans l'enseignement de la théorie de l'évolution, explorant divers aspects épistémologiques et didactiques notamment en situation de classe pour favoriser une meilleure compréhension de l'évolution chez les élèves.

Bibliographie

- Fortin, C. & Gobert, J. (2023). Recherches en didactique de l'évolution Enseignement, apprentissage et formation, ISTE. ISBN : 9781789481075
- Gobert, J.& Lhoste, Y. (2023). Conquérir un point de vue populationnel et historique pour apprendre l'évolution, Éducation et didactique, 17(1), 9-42.

Mise à l'épreuve d'une double grille pour analyser les productions des élèves à propos du concept de sélection naturelle. Étude en France et en Belgique

Yann Lhoste^{1,2,3}, Julie Gobert⁴, Brice Depoix⁵

1 : ULB Centre de recherche en sciences de l'éducation

2 : Université des Antilles

3 : Université de Bordeaux, Laboratoire d'épistémologie et de didactiques des disciplines de Bordeaux

4 : ADEF, ESPé Aix Marseille Université

5 : Lycée Guy de Maupassant, Colombes, Académie de Versailles

Résumé

Dans cette communication, nous cherchons à mettre à l'épreuve une double grille d'analyse des propositions des élèves à propos du concept de sélection naturelle. Une approche populationnelle de l'espèce est une condition de possibilité de construction du concept de sélection naturelle. La double grille a été construite lors d'une étude de cas croisée à une analyse épistémologique avec des élèves de 15 ans en France. Ici nous cherchons à montrer la valeur de ces outils produits par leur mobilisation dans l'analyse de deux autres situations avec des élèves de 16 ans en France et de 18 ans en Belgique. Nous montrons que ces outils construits ont une certaine robustesse et peuvent avoir différentes fonctions dans l'analyse des situations d'enseignement-apprentissage du concept de sélection naturelle.

Mots-Clés : Sélection naturelle ; Obstacle finaliste ; Pensée populationnelle.

Mise à l'épreuve d'une double grille pour analyser les productions des élèves à propos du concept de sélection naturelle. Étude en France et en Belgique

Symposium : Enseigner l'évolution : pensée populationnelle et obstacle finaliste en classes de sciences

Résumé

Dans cette communication, nous cherchons à mettre à l'épreuve une double grille d'analyse des propositions des élèves à propos du concept de sélection naturelle. Une approche populationnelle de l'espèce est une condition de possibilité de construction du concept de sélection naturelle. La double grille a été construite lors d'une étude de cas croisée à une analyse épistémologique avec des élèves de 15 ans en France. Ici nous cherchons à montrer la valeur de ces outils produits par leur mobilisation dans l'analyse de deux autres situations avec des élèves de 16 ans en France et de 18 ans en Belgique. Nous montrons que ces outils construits ont une certaine robustesse et peuvent avoir différentes fonctions dans l'analyse des situations d'enseignement-apprentissage du concept de sélection naturelle.

Cadre théorique

Nous inscrivons notre recherche dans un cadre à la fois épistémologique et dans un cadre didactique classique qui travaille sur les conceptions (Orange & Orange Ravachol, 2013) des élèves relatives à ce concept.

C'est à l'articulation entre des référents épistémologiques en lien le concept de sélection naturelle (Canguilhem, 1989 ; Foucault, 1966 ; Gayon, 2012 ; Huneman, 2009, Mayr, 1959/1976) et une analyse didactique d'une séquence conduite en classe de 3^e en France avec des élèves de 15 ans (Gobert & Lhoste, 2023), que nous avons construit, une double grille présentant une organisation des significations conceptuelles élaborées par les élèves sur le thème de la sélection naturelle. Cette double grille est le résultat produit d'une part à partir de l'analyse des traces objectives produites à différents moments de la séquence par l'enseignant et les élèves (mises en textes orales et écrites), d'autre part par la conduite d'une analyse fine de la co-activité du professeur et des élèves pour comprendre les dynamiques de construction de savoirs selon l'approche théorique développée par Yann Lhoste (2017). Elles ont donc été construites dans un double mouvement à la fois empirique et épistémologique. Le travail d'analyse épistémologique des activités mobilisait les outils produits par une « linguistique de l'activité langagière et de sa trace, susceptible de rendre lisible ce rapport au contexte, tels que le reflètent les particularités énonciatives » (Bernié 1998, p. 187). Les analyses fines menées se sont intéressées aux processus de construction des objets de discours (Grize 1982, 1990, 1996), de secondarisation des discours, c'est-à-dire la transformation des genres premiers de discours (Bakhtine, 1984) ; et aux mécanismes de déplacements des positionnements énonciatifs (Bronckart 1985, 1996).

Les deux grilles produites (tableau 1 et 2) (Gobert & Lhoste, 2023), présentent des feuillets d'élaboration de l'approche populationnelle et du concept de sélection. Nos résultats nous ont amené à avancer que l'approche populationnelle et le concept de sélection ne semblent pas construits une fois pour toutes en un coup pour les élèves. Nous avons pu montrer qu'au sein de la classe les significations conceptuelles construites étaient plurielles et semblaient toutes pouvoir se référer à différentes élaborations qui présentent une pertinence plus ou moins

grande avec les savoirs scientifiques et pratiques de savoirs de la discipline. Pour cette raison, nous introduisons l'idée d'un feuilletage du concept de sélection et d'approche populationnelle, qui rend compte des différentes significations qui peuvent être construites par les élèves, en les mettant en lien avec les différents obstacles et conditions de possibilités dégagées lors de l'analyse épistémologique et également en partie observables dans les raisonnements des élèves. Nous concevons les concepts scientifiques comme des outils culturels, et leur apprentissage est regardé notamment du point de vue du cadrage théorique de la problématisation (Orange, 2012). Les concepts ne peuvent être désolidarisés des problèmes auxquels ils réfèrent et des pratiques scientifiques qui leur sont spécifiques, également langagières. Chez Vygotski, « le concept ne vit pas isolément...il est toujours impliqué dans un processus vivant, plus ou moins complexe de la pensée, il a toujours telle ou telle fonction de communication, de signification, de compréhension, de résolution d'un problème » (Vygotski, 1934/1985, p.145). Il distingue les savoirs quotidiens des savoirs scientifiques notamment sur l'idée que les concepts scientifiques sont organisés en systèmes (Vygotski, 1937/1998). Ainsi, lorsque des significations nouvelles sont produites, c'est l'ensemble du système qui est amené à bouger, et donc le registre ou cadre explicatif qui est lié à ce système conceptuel qui se modifie. Ces variations significatives dans la compréhension du concept et ses extensions problématologiques correspondent à ce qui a été identifié et nommé « feuillets d'élaborations conceptuelles ».

<p><i>Feuillet 1 : L'approche typologique est reliée à une approche populationnelle. Il y a articulation entre les caractères de l'espèce et la variabilité des individus au sein d'une population. Il y a présence d'un déplacement progressif de focalisation d'un individu « type » représentatif d'une espèce, à « des individus » composant une espèce. Les variabilités entre les individus d'une même espèce sont ainsi envisagées mais dans une approche encore statique. C'est une approche populationnelle-typologique.</i></p>
<p><i>Feuillet 2 : Il y a prise en compte que certains événements peuvent mener à une modification de la répartition de certains caractères au sein d'une population au cours du temps mais il n'y a pas encore de prise en compte du temps historique (c'est-à-dire du fait que la biodiversité actuelle résulte d'événements contingents et de processus invariants), c'est une approche populationnelle sans prise en compte du temps historique.</i></p>
<p><i>Feuillet 3 : Il y a articulation entre le changement dans la répartition de la fréquence de certains caractères au sein d'une population (via divers événements) et ses conséquences en termes de transmission d'informations génétiques au fil des générations, ce qui impacte la répartition de fréquence de certains allèles au cours du temps, pouvant mener à une transformation de la population. C'est une approche populationnelle avec prise en compte du temps historique.</i></p>

Tableau 1 : Les feuillets d'élaboration d'une approche populationnelle

<i>Feuille 1 : La sélection est considérée comme un phénomène ou certains individus sont remplacés par d'autres sur base de leurs phénotypes. Il se base sur une prédation ou une survie différentielle qui articule le phénotype et les conditions du milieu. Les élèves sont dans un récit ponctuel horizontal.</i>
<i>Feuille 2 : Il y a prise en compte du temps (générationnel) et de la reproduction, permettant la construction d'une idée proche de celle d'un taux de renouvellement ou de remplacement, par suppression de phénotypes non avantaés dans l'environnement. Il y a l'idée d'une reproduction différentielle qui permet une explication d'évolution de la population.</i>
<i>Feuille 3 : Il y a présence de notions de gamètes et allèles présents dans la population, articulées au phénotype afin d'envisager la reproduction différentielle et la variation des distributions de fréquences alléliques au cours du temps. Il y a l'idée d'augmentation/diminution d'une fréquence allélique par reproduction différentielle, liée à un avantage phénotypique au niveau des individus.</i>
<i>Feuille 4 : Il y a l'idée de sélection comme échantillonnage discriminant au cours des générations, par reproduction différentielle en lien avec les conditions variables du milieu, pour expliquer la dynamique du pool génique/allélique de la population. C'est un raisonnement populationnel probabiliste.</i>

Tableau 2 : Les feuillets d'élaboration du concept de sélection

Question de recherche

Les deux grilles sont le produit d'une recherche par étude de cas. Il nous semble donc important de tester la robustesse de ces feuillets dans d'autres contextes et de regarder s'ils peuvent fonctionner comme outil d'analyse. Notre corpus de données est bien plus volumineux que les analyses de données que nous allons présenter ici, nous insistons donc sur le fait que c'est un travail en cours. Nous aimerions, par cette démarche, contribuer à discuter de ce qui peut faire preuve dans la recherche en didactique des sciences, la validité des résultats étant un « objet en tension » (de Hosson et Orange, 2019, p. 9-11).

Recueil de données et méthodologie

Deux séquences sur le thème de la sélection naturelle ont été mises en place en France (élèves de 16 ans, Depoix, 2023) et en Belgique (élèves de 18 ans, Gouders, 2023). La situation en France repose sur une situation classique de sélection naturelle, celle des phalènes du Bouleau. La situation en Belgique repose sur une autre situation classique de spéciation, celle des pinsons des Galápagos.

Dans les deux cas, les élèves ont été amenés à produire une explication lors d'une évaluation diagnostique. Les productions ont été recueillies. Des débats scientifiques ont été organisés. Ils ont été filmés et retranscrits. Des évaluations finales sommatives ont été réalisées. Elles ont été recueillies. Ce sont donc toutes ces données qui constituent notre corpus de données.

L'ensemble des productions initiales ont été analysées à partir de la double grille d'analyse afin d'évaluer qualitativement les dimensions heuristiques de l'outil produit. En outre, ce travail d'analyse a été réalisé et discuté par les trois auteurs de la communication.

Premiers résultats et discussion

Nous analysons les situations proposées afin d'identifier leurs potentialités didactiques, puis les premières productions des élèves (évaluation diagnostique) pour comprendre la manière dont ils s'engagent dans les situations.

Éléments de comparaison des situations-problèmes

Dans la situation sur les phalènes proposée aux élèves de 2de en France, les problèmes qui peuvent se poser sont celui de l'origine de l'apparition d'un nouveau phénotype au sein d'une

population et celui de la variation des fréquences phénotypiques, génotypiques et alléliques dans les populations de phalènes au cours du temps dans un environnement qui change.

Dans la situation des pinsons des Galapagos proposée aux élèves de 6^e secondaire en Belgique, les indices fournis par les documents pouvaient mener à se poser différents problèmes liés entre eux : celui de l'origine des différentes espèces de pinsons et les mécanismes évolutifs expliquant leur apparition, les élèves pouvaient faire l'hypothèse d'un ancêtre commun à partir des données du document ; celui de l'adaptation de la taille et de la forme du bec des pinsons à la nourriture, et de l'adaptation de la couleur du pelage avec le régime alimentaire des pinsons ; ainsi que le problème des différences de répartitions géographiques des espèces de pinsons dans l'archipel des Galapagos.

Les deux grilles d'analyse permettent de faire une évaluation des potentialités des situations proposées aux élèves. En ce sens, notre double grille pourrait avoir une valeur heuristique pour aider les enseignants à construire des situations les plus optimales pour confronter les élèves à la fois au problème de sélection naturelle et à celui d'une approche populationnelle des espèces.

Analyses des productions individuelles initiales des élèves de 2^{nde} dans le cadre de la situation des phalènes

Sur les 22 productions écrites individuelles initiales d'élèves de seconde réalisées dans le cadre de la situation problème des phalènes, nous avons pu identifier à l'aide de notre outil d'analyse, 12/22 élèves n'ayant pas construit l'idée de sélection, ni d'approche populationnelle dans leur explication. Dans leur production, certains élèves expliquent les changements de couleur par la « pollution » qui recouvre les papillons. L'idée de variation phénotypique au sein de la population n'est pas présente : il n'y a pas de distinction entre les phénotypes sombres et claires au sein de la population, la population est vue comme une collection homogène d'individus (vision typologique de l'espèce).

Pour beaucoup les papillons changent de couleur au contact de la pollution qui les noircie (« *Les papillons clairs sont devenue sombre à cause de la pollution* » et « *le charbon colorie les papillons* » (Alex)).

D'autres élèves exposent un modèle finaliste de la transformation lamarkienne des individus « pour s'adapter ». Soit ce sont les papillons qui se transforment comme dans l'extrait suivant de la production de Say : « *les papillons se sont adaptés pour ne pas se faire manger par les oiseaux et quand les troncs sont redevenus blancs les papillons sont redevenue claire* » (Say) ou bien les papillons se transforment par une mutation créée par l'environnement : « *La pollution fait effet sur les gènes si il y a en a là où habite l'espèce* » (Gab).

Dans ces modèles la variation phénotypique au sein de la population est présente dans les raisonnements, ce qui correspond à ce que nous avons identifié comme une approche populationnelle de feuillet 1, c'est à dire qu'il y a une distinction au sein de la population de deux phénotypes présents. Une élève s'inscrit dans le feuillet 2, car elle mobilise l'idée de fréquences phénotypiques, qui évoluent, et mobilise une causalité événementielle liée au changement d'environnement.

Dans d'autres productions initiales, 8/22 élèves ont développé l'idée de prédation différentielle (correspondance avec le feuillet 1 du concept de sélection) avec une approche populationnelle (correspondance avec le feuillet 2) comme par exemple cet élève qui écrit : « *les papillons clairs sont peu car ils se font plus manger, ils sont plus camoufler car l'arbre est devenu noir avec la pollution* » (Lina),

Cependant dans la même idée, d'autres élèves n'ont pas pour autant développé d'approche populationnelle, par exemple : « *La pollution noircie les arbres donc les papillons sombres sont mieux camoufler ils se font pas manger par les oiseaux* » (Far), l'idée de camouflage qui est mis en avant pour expliquer qu'il n'y a plus du tout de prédation des papillons sombres.

Enfin seulement 2/22 élèves (Moo et Elhad) semblent avoir développé l'idée de reproduction différentielle dans leur explication (feuillelet 2 d'élaboration du concept de sélection). L'une des deux productions est présentée en figure 1.

Les papillons blanc ont disparu car vu que leur camouflage n'était plus fonctionnel ils se sont fait manger. Vu que le phénotype clair a ~~devenu~~ diminué les mâles noir était plus à disposition et plus disponible à la reproduction et a ~~repris~~. C'est pourquoi grâce à la destruction des ~~la~~ habitats des clairs et l'allèle dominant des noirs ils ont été dominants. Ils ont ~~essayer~~ ~~l'instinct~~ pour mieux s'adapter au monde dans lequel ils vivent.

→ Vu qu'ils ont un facilité à se camoufler ils ont eu espérance de vie plus longue

Figure 1 : Production individuelle initiale d'Elhad

L'utilisation de notre outil d'analyse permet de mieux comprendre l'incohérence ou les reformulations réalisées dans certains textes produits par les élèves. Cette hétéroglossie dans certains textes, s'interprètent alors comme traces des passages entre feuillet dans l'élaboration du concept de sélection ou/et d'une approche populationnelle, qui se jouent dans l'activité épistémologique développée par l'élève. Ceci nous semble prouver la valeur heuristique de notre outil du point de vue de la description et de l'articulation des feuillets entre eux, concernant les conditions de possibilité de construction du concept de sélection lié à celle d'une approche populationnelle.

Analyses des productions individuelles initiales en 6^e secondaire en Belgique dans le cadre de la situation des pinsons

L'analyse des productions initiales des élèves confrontés à la situation des pinsons, montrent, comme pour les productions initiales des élèves français, qu'une grande majorité d'élèves (7/9) ne mobilisent pas ou ne construisent pas l'idée de sélection, même dans une élaboration naïve correspondant au feuillet 1. Aucune approche populationnelle n'est présente dans leurs explications. C'est le cas par exemple d'Alex :

« Leurs becs vont varier en fonction de ce qu'ils mangent. S'ils ont besoin de casser un gros fruit, ils auront un nez plus gros, s'ils ont besoin d'aller chercher plus loin, ils auront un nez plus fin. Bien évidemment l'évolution se fera sur plusieurs générations. (diff. espèce + évolution) »

Les explications produites par Alex (mais également d'autres élèves) relèvent du finalisme adaptatif, idée-obstacle que nous avons déjà identifiée dans nos études précédentes et constitutif de la description de nos feuillets : « ils sont plutôt bruns pour se fondre dans le paysage et ne pas se faire remarquer. » (Arthur), « Leurs becs vont varier en fonction de ce

qu'ils mangent. S'ils ont besoin de casser un gros fruit, ils auront un nez plus gros, s'ils ont besoin d'aller chercher plus loin, ils auront un nez plus fin. » (Alex).

2/9 élèves développent des approches populationnelles de feuillet 2 et une élaboration du concept de sélection naturelle de feuillet 2, comme par exemple Myriam

Production de Maryam : «

- « Des oiseaux à bec +/- ressemblants se trouvent dans le même environnement.
- Pour se nourrir, ils picorent à l'aide de leurs becs.
- Cependant ceux qui ont les becs les mieux adaptés auront une meilleure espérance de vie et leurs reproductions sera plus abondantes.
- Tandis que les oiseaux avec des becs ne leur permettant pas efficacement de se nourrir seront plus fragiles et leurs lignées finiront par soit disparaître, soit partir dans un environnement plus adapté pour eux. (dessin de chromosome sur la marge) »

Discussion

Les deux grilles nous ont permis d'analyser finement les productions initiales des élèves obtenues lors de l'évaluation diagnostique. L'ensemble des analyses menées dans ces 2 contextes différents (de celui dans lequel ont été construits les feuillets), n'ont pas dégager d'incohérences, d'impossibilités avec les feuillets proposés par les grilles, qui ont été d'une grande fonctionnalité et opérationnalité pour mener l'analyse. Nos résultats montrent qu'aussi bien en France qu'en Belgique très peu d'élèves, avant apprentissage, se situent dans les feuillets 1 de la sélection naturelle et de la pensée populationnelle. Les obstacles liés à une approche typologique de l'espèce (Mayr, 1976) et au finalisme semblent se manifester fortement malgré la confrontation des élèves à cette notion de sélection naturelle au cours de leur parcours scolaire. De ce point de vue, la double grille produite pourrait permettre d'envisager des questions de prise en charge curriculaire de ce problème de la sélection naturelle du secondaire inférieur au secondaire supérieur.

Conclusions

Nos résultats établissent le caractère heuristique des deux grilles construites lors d'une précédente recherche. Cette dimension heuristique des produits d'une recherche par étude de cas pour l'analyse d'autres situations d'enseignement et d'apprentissage avec des élèves d'un autre âge et dans d'autres contextes nous semble être un indicateur de la validité de ce qui avait été initialement produit. C'est la robustesse des outils que nous pensons avoir mis à jour dans cette communication.

Bibliographie

- Depoix, B. (2023). Institution d'une communauté discursive scientifique scolaire et apprentissage en classe de sciences de la vie et de la Terre. Conditions de possibilité [Mémoire de master]. Université Paris Cité.
- De Hosson, C. & Orange, C. (2019). Les résultats des recherches en didactique des sciences et des technologies : quelle validité et à quelles conditions ?, *RDST*, 20, 9-26.
- Foucault, M. (1966). *Les mots et les choses*. Gallimard.
- Gayon, J. (2012). De Popper à la biologie de l'évolution : La question de l'essentialisme. *Philonsorbonne*, 6, 127-136. <https://doi.org/10.4000/philonsorbonne.401>
- Gobert, J., & Lhoste, Y. (2023). Conquérir un point de vue populationnel et historique pour apprendre l'évolution. Analyse de la co-activité professeur-élève par l'étude de la

- structuration des contextes. *Éducation & Didactique*, 17(1), 9-42.
- Gouders, S. (2023). Construction d'un savoir problématisé sur la théorie de l'évolution en sixième secondaire [Mémoire de Master]. ULB.
- Huneman, P. (2009). Sélection. In T. Heams, P. Huneman, G. Lecointre, & M. Silberstein (Éds.), *Les Mondes Darwiniens. L'évolution de l'évolution* (p. 47-86). Syllepse.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie & didactique des SVT. Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Presses universitaires de Bordeaux
- Mayr, E. (1976). Typological versus Population Thinking. In *Evolution and the Diversity of Life. Selected Essays* (p. 26-29). Harvard University Press.
- Orange, C. & Orange Ravachol, D. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en éducation*, n° 17, 46-61.
- Vygotski L.S. (1937/1998). *Pensée et langage*. Paris : Éd. La dispute.
- Vygotski L.S. (1933/1985). Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire. In B. Schneuwly et J.-P. Bronckart (éd.). *Vygotski aujourd'hui*. p. 95-117.

Le finalisme dans la classe de SVT au prisme de l'enseignement des fonctions biologiques

Fabienne Paulin¹, Quentin Ancarola², Catherine Bruguere¹

1 : Sciences, société, historicité, éducation et pratiques (S2HEP), Université Claude Bernard Lyon 1

2 : Université Lyon 2 - ENS de Lyon, Université de Lyon

Résumé

L'obstacle du finalisme dans l'enseignement de l'évolution est bien documenté en didactique des Sciences de la vie et de la Terre (SVT). Par contre, celle de la portée finaliste de la relation structure-fonction dans l'enseignement de la biologie fonctionnelle est peu posée et nous pensons qu'elle participe également à la persistance de l'intentionnalité des processus biologiques chez les élèves. Nous proposons de discuter ce problème en appui sur une recherche réalisée dans le cadre d'un mémoire de Master de Didactique. L'analyse porte sur des bilans de cours fournis par des enseignants de SVT. Une typologie du finalisme est proposée et croisée avec des éléments du cadre de l'apprentissage par problématisation. Les résultats permettent de discuter de l'importance et de la place des nécessités dans les explications fonctionnelles qui pourraient, sans cadrage épistémologique, contribuer à maintenir l'obstacle finaliste chez les élèves.

Mots-Clés : Fonction biologique ; Finalisme ; Problématisation ; Épistémologie ; Savoir.

Le finalisme dans la classe de SVT au prisme de l'enseignement des fonctions biologiques

Introduction

La communication proposée rend compte d'une étude exploratoire conduite dans le cadre d'un mémoire de recherche d'un master de Didactique des Sciences (DDS) qui questionne la prise en charge du finalisme potentiel des explications fonctionnelles dans l'enseignement de la biologie au lycée.

La tendance finaliste des élèves est bien documentée dans la recherche en didactique des sciences et notamment dans l'enseignement de l'évolution mais peu dans celui des fonctions biologiques (Ancarola, 2023 ; Crépin-Obert, 2010, 2014 ; dell'Angelo-Sauvage, 2015 ; Fortin, 2014 ; Fortin & Reier-Røberg, 2016 ; Gobert, 2020 ; Paulin & Simon, 2013). Notons que la question de la portée téléologique de l'attribution de fonctions à des structures du vivant a été et est toujours un problème philosophique fécond (Hempel, 1959 ; Nagel, 1961 ; Wright, 1973 ; de Ricqlès & Gayon, 2010, 2011) mais qui est peu envisagée dans le champ de l'enseignement de la biologie. Nous pensons que travailler cette perspective d'un point de vue épistémologique permettrait de construire un discours commun et heuristique sur le problème plus général de l'intentionnalité dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre (SVT).

Pour aborder cette problématique, des éléments du cadre de l'apprentissage par problématisation (CAP) sont mobilisés. Ils permettent de conduire une analyse d'un corpus de textes de savoir sur des fonctions biologiques en discutant de la place et du statut des nécessités qui, sans précaution, peuvent contribuer à maintenir présent l'idée d'un finalisme inadéquat dans les processus biologiques.

Cadres théoriques, références et questionnement

D'un point de vue didactique et épistémologique, nous nous inscrivons dans le cadre de l'apprentissage par problématisation (CAP) et envisageons les problèmes travaillés en classe de SVT comme étant en tension entre des problèmes historiques et des problèmes fonctionnalistes (Fabre et Orange, 1997 ; Orange, 2005, 2007, Orange, 2012 ; Orange Ravachol, 2012 ; Lhoste, 2017). Nous mobilisons certains concepts du CAP comme outil d'analyse. Ce cadre met en tension des contraintes et des nécessités, empiriques et théoriques, inféodées à un registre explicatif pour construire des problèmes et des savoirs scientifiques dans la classe. Les savoirs construits sont à visée apodictique c'est-à-dire des savoirs fondés en raison contrairement aux énoncés assertoriques qui sont de l'ordre de l'affirmation. La nature des nécessités dans les explications fonctionnelles, potentiellement porteuses d'une intentionnalité, sera analysée dans ce cadre.

Rappelons que la posture finaliste dans les explications sur le vivant, n'a pas toujours été pensée comme un obstacle. Certains courants de pensée, historiques ou non, mobilisent une vision intentionnelle et assumée du déploiement du vivant.

Nous pouvons citer, le finalisme théologique, qui accorde à une entité suprême le pouvoir de décider de ce qui est et doit advenir et certaines traditions philosophiques comme l'animisme et le vitalisme. L'animisme, au sens grec du terme, l'est en affirmant que toutes choses possèdent une âme, c'est-à-dire une essence, qui est ce pour quoi cette chose existe et ce qu'elle doit faire. Le vitalisme, en supposant l'existence d'une force organisatrice

propre aux êtres vivants pose, lui, un principe de résistance interne et inné qui s'oppose à la destruction, nommé parfois force vitale ou élan vital (Dupouey, 2005, p. 34). Ces anciens paradigmes sont parfois présents dans les représentations des élèves et constituent des obstacles épistémologiques bien connus des didacticiens (Astolfi & Peterfalvi, 1993 ; Rolland & Marzin, 1996 ; Crépin-Obert, 2014 ; Pelé & Crepin-Obert, 2022 ; Simard et al., 2014 ; Zwang, 2022).

Dans le champ de l'enseignement des SVT, les explications fonctionnelles qui décrivent les relations entre les structures du vivant et leurs fonctions sont également potentiellement porteuses de finalisme. Et, ce qui est perçu comme une « curieuse particularité » (Gayon, 2011, p. 180) par les philosophes des sciences ne l'est pas au sein de l'institution scolaire. Il est très courant dans la classe d'expliquer la présence d'une structure du vivant par sa fonction. Or, en biologie, les explications fonctionnelles, en décrivant ce que réalise une structure, induisent dans le même temps ce qu'elle est censée faire (Gayon, 2011, p. 180). Ces explications sont finalistes dans le sens où elles placent l'effet avant la cause c'est-à-dire que l'idée et la nécessité de la fonction existent avant l'existence de la structure. Or la temporalité est mise en défaut dans ce genre de raisonnement, puisqu'il est admis que les causes doivent précéder les effets. Il s'agit là d'un finalisme que l'on pourrait qualifier d'ontologique ou de transcendantal et que nous nommerons finalisme *a priori* dans l'étude. (Gayon, 2011, p. 198).

Cependant les explications fonctionnelles sont nécessaires dans le champ de la biologie car elles permettent d'expliquer « le faire » d'une structure (Dupouey, 2005). Elles doivent donc être mises sous surveillance et bornées pour être compatibles avec le paradigme actuel de la biologie de l'évolution. Deux propositions permettent de résoudre en partie cette difficulté.

- La théorie étiologique de Larry Wright (1973) pour qui une fonction est un effet sélectionné. La fonction est alors comprise comme le résultat d'une « histoire causale qui a conduit à l'existence de la caractéristique en question » (de Ricqlès & Gayon, 2011 p. 191).
- La théorie systémique de Robert Cummins (1975) s'émancipe, elle, de la temporalité et explique la fonction comme une caractéristique émergente d'un système à un instant *t* dont les différentes parties concourent ensemble à la réalisation.

Ces deux approches sont compatibles avec une explication causale scientifique. Elles n'expliquent cependant pas les mêmes choses :

« Relativement à la proposition « la fonction du cœur est de faire circuler le sang en pompant », la conception étiologique tend à expliquer la présence du cœur, la conception systémique tend à expliquer la circulation du sang. » (Gayon & de Ricqlès, 2011).

Nous retenons pour notre étude que la théorie étiologique en expliquant une fonction par son histoire évolutive mobilise un finalisme nommé *a posteriori* compatible avec les explications darwiniennes. La théorie systémique en ne cherchant pas une cause finale mais à expliciter le fonctionnement d'un système n'est pas porteuse d'un finalisme *a priori* si son usage est explicite dans le raisonnement conduit.

Forts de ces cadrages théoriques épistémologique et didactique, nous questionnons ici la prise en charge du finalisme *a priori* dans la construction des explications fonctionnelles dans l'enseignement des fonctions biologiques.

Méthodologie

Corpus

Le corpus de données est tiré d'un ensemble de bilans écrits de savoirs proposés par des enseignants à leurs élèves en fin d'activité et que nous avons découpés en énoncés (Van Brederode, 2019). Ces bilans sont le fruit d'un travail réflexif des enseignants sur les savoirs essentiels à transmettre. Nous supposons d'une part, qu'ils contiennent les éléments que les enseignants jugent indispensables à la compréhension pleine et entière des thèmes du programme et que d'autre part, ils sont jugés valides dans leur formulation.

Ces bilans de savoirs ont été obtenus auprès de quatre enseignants expérimentés de SVT (plus de quinze ans d'enseignement) et qui ont, pour trois d'entre eux, une implication dans la formation académique. Ces quatre enseignants ont fourni à notre demande des fiches de cours déjà existantes et qu'ils mobilisent depuis au moins une année. Ces éléments de synthèse concernent le programme de Terminale spécialité SVT. Les thèmes d'enseignement retenus pour l'étude sont des thématiques fonctionnalistes (tableau 1).

Thèmes	Chapitres	Séquences
Enjeux planétaires contemporains	De la plante sauvage à la plante domestiquée	L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs La plante, productrice de matière organique Reproduction de la plante entre vie fixée et mobilité
Corps humain et santé	Comportements, mouvement et système nerveux	Les réflexes Cerveau et mouvement volontaire Le cerveau, un organe fragile à préserver
	Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie	La cellule musculaire : une cellule spécialisée permettant son propre raccourcissement

Tableau 1 : Parties du programme analysées

Traitement des données

Les bilans récoltés ont été d'abord découpés en énoncés. Un énoncé correspond à une unité linguistique (phrase ou groupe de phrase) et sémantique. Chaque énoncé exprime une assertion ou une explication. 488 énoncés ont été identifiés à partir de l'ensemble des bilans dont 298 concernent une fonction biologique. Ce sont ces derniers qui sont analysés. Nous déterminons si ces énoncés sont de nature apodictique ou assertorique dans leur formulation. Pour cela, nous repérons la présence ou non de contraintes ou de nécessités théoriques et empiriques expliquant les raisons du fonctionnement étudié.

Nous repérons ensuite la présence (ou l'absence) d'un finalisme *a priori*, *a posteriori* ou systémique. Des marqueurs textuels du registre lexical de l'intention sont mobilisés pour repérer les formulations finalistes : afin, pour, dans le but de, servir à, destiner à, permettre de, but, dessein, destinée, besoin, devoir, nécessité, objectif, intention, volonté, ...

- Un finalisme *a posteriori* sera repéré si un ou des éléments de cadrage mettent en perspective l'histoire évolutive de la fonction considérée.
- Une explication fonctionnelle sera identifiée comme mobilisant la théorie systémique si des éléments de cadrage bornent l'explication au seul système étudié.
- Un finalisme *a priori* est repéré quand l'intentionnalité exprimée n'est bornée par aucun élément historique ou systémique.

Exemple d'énoncé : « Le glucose est une source essentielle d'énergie pour les cellules et notamment pour les cellules musculaires en activité. Les cellules le puisent dans le sang. »

Cet énoncé est classé comme assertorique et n'exprime pas de finalisme.

Résultats/discussion

Le premier résultat est qu'une majorité d'énoncés sont assertoriques (277 sur 488 énoncés isolés). Parmi ceux-ci, seuls trois expriment un finalisme *a priori*, par exemple :

« Ce caractère « mutualiste » souffre cependant de quelques exceptions, des fleurs attirant les animaux sans leur offrir de nectar et des animaux pillant le nectar sans se charger de pollen. »

Il semble plutôt évident que des énoncés assertoriques, qui n'exposent pas les causes de ce qu'ils affirment, soient peu porteurs de finalisme *a priori*. Mais, ce qui pourrait être jugé satisfaisant pour l'apprentissage, peut aussi être pensé comme une invisibilisation du problème de l'intentionnalité du vivant qui reste, dans ces conditions, non travaillé dans la classe. Concernant les énoncés apodictiques beaucoup d'entre eux mobilisent l'approche systémique de la fonction :

« Au sein du pancréas, les îlots de Langerhans produisent et libèrent des hormones dans le sang : c'est la fonction endocrine du pancréas. L'insuline et le glucagon sont des hormones pancréatiques qui agissent sur les cellules cibles qui possèdent des récepteurs spécifiques membranaires. »

Nous voyons dans cet exemple que le système est borné : « Au sein du pancréas, ... » et que les mécanismes sont décrits sans exprimer une intention. 28 énoncés apodictiques sur 211 recensés expriment cependant un finalisme *a priori*. Par exemple : « Cette lumière est utilisée pour réaliser la photosynthèse, principalement dans le parenchyme palissadique, tissu riche en chloroplastes. » Nous notons également que chaque enseignant produit des bilans apodictiques dont une partie, minoritaire, mobilise un finalisme *a priori*.

Nous retenons de ces résultats deux éléments que nous soumettons à la discussion. D'une part, un glissement vers un finalisme *a priori* existe davantage quand les bilans sont à visée apodictique. Ce qui semble donc plus pertinent, dans le CAP, pour l'apprentissage que des bilans assertoriques est aussi, assez logiquement, une zone plus à risque dans le traitement de l'intentionnalité. D'autre part, le fait que chaque enseignant produit à la fois des bilans porteurs de finalisme *a priori* et des bilans explicatifs sans finalisme problématique laisse penser que le problème épistémologique du lien structure-fonction n'est pas suffisamment pensé ni anticipé dans l'enseignement des fonctions biologiques.

Nous mettons en relation ces résultats avec un travail précédent qui montre que les enseignants de SVT focalisent davantage sur les effets des processus biologiques que sur les causes ou raisons de ces effets (Paulin, 2023). Cette résonance entre nos résultats nous conduit à promouvoir un travail approfondi des raisons des fonctions biologiques dans la formation des enseignants.

Conclusion

Le travail exploratoire présenté semble confirmer chez les enseignants une maîtrise partielle de la prise en charge du finalisme *a priori* dans les explications fonctionnelles. Des études plus poussées sont nécessaires pour préciser davantage les raisons de ce constat. Elles permettront d'envisager des pistes de formation pour construire un discours cohérent sur l'intentionnalité dans l'enseignement des problèmes historiques et

fonctionnels des sciences du vivant.

Bibliographie

- Ancarola, Q. (2023). *Le finalisme en classe de SVT au prisme de l'enseignement des fonctions biologiques*. Université Claude Bernard Lyon1, Université de Montpellier, ENS de Lyon
- Astolfi, J.-P., & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16(1), 103-141. <https://doi.org/10.4267/2042/8578>
- Crépin-Obert, P. (2010). Idées et raisons sur les coquilles fossiles : Étude épistémologique comparée entre une situation de débat à l'école primaire et une controverse historique. *RDST*, 1, 93-120. <https://doi.org/10.4000/rdst.175>
- Crépin-Obert, P. (2014). L'analogie, obstacle épistémologique ou raison scientifique pour enseigner la parenté et la filiation entre êtres vivants. *RDST*, 9, 19-50. <https://doi.org/10.4000/rdst.839>
- Cummins, R. (1975). Functional Analysis. *The Journal of Philosophy*, 72(20), 741. <https://doi.org/10.2307/2024640>
- dell'Angelo-Sauvage, M. (2015). « Vie » et « vivant » : Perspectives épistémologiques. SHS Web of Conferences, 21, 01001. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20152101001>
- de Ricqlès, A., & Gayon, J. (2011). Fonction. In T. Heams, P. Huneman, G. Lecointre & M. Silberstein (Dir.), *Les mondes darwiniens – L'évolution de l'évolution*. (177-201) Paris : Editions Matériologiques, www.materiologiques.com
- Dupouey, P. (2005). *Épistémologie de la biologie : La connaissance du vivant* ([Nouv. éd.]). Armand Colin.
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24(1), 37-57. <https://doi.org/10.4267/2042/8668>
- Fortin, C. (2014). L'enseignement de l'évolution face aux croyances religieuses : Quelles perspectives curriculaires possibles ? *Histoire, monde et cultures religieuses*, 32(4), 67. <https://doi.org/10.3917/hmc.032.0067>
- Fortin, C., & Reier-Røberg, K. (2016). De la nature de la causalité évolutive à la nature de la biologie évolutive : Types de causalité mobilisés par les élèves en classe de seconde. *RDST*, 14, 125-152. <https://doi.org/10.4000/rdst.1435>
- Gayon, J., & Ricqlès, A. de (Éds.). (2010). *Les fonctions : Des organismes aux artefacts* (1re éd). Presses universitaires de France.
- Gobert, J. (2020). Modélisation du système aléa-sélection-hérédité-population : Réflexion didactique sur l'accès à une pensée évolutionniste. *RDST*, 22, 239-263. <https://doi.org/10.4000/rdst.3518>
- Hempel, C., (1959). The logic of functional analysis. In L. Gross (ed.). *Symposium on sociological theory*, 245-290.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT : Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Presses universitaires de Bordeaux.
- Nagel, E. (1961). *The Structure of Science*. Harcourt Brace.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques : Les Sciences de l'éducation - *Pour l'Ère nouvelle*, Vol. 38(3), 69-94. <https://doi.org/10.3917/lstdle.383.0069>

- Orange, C. (2007). Spécificité de la problématisation scientifique : Le travail d'abstraction et de généralisation. *Recherches en éducation*, 3. <https://doi.org/10.4000/rec.3751>
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences : problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- Orange Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre : entre phénomènes et événements*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Paulin, F. (2023). « Paysage conceptuel » de l'évolution : un possible instrument pour la formation des enseignants. Dans C. Fortin & J. Gobert (Dir), *Recherches en didactique de l'évolution*. (p. 177-204). ISTE
- Paulin, F. & Simon, J. (2012) Fonction, explication et enseignement de la sélection naturelle. *Bulletin pédagogique de l'APBG*, 4, 75-88.
- Pelé, M., & Crepin-Obert, P. (2022). Favoriser la problématisation d'élèves de cycle 4 sur la circulation sanguine à partir d'outils didactiques basés sur l'histoire des sciences. *RDST*, 26, 25-51. <https://doi.org/10.4000/rdst.4384>
- Rolland, A., & Marzin, P. (1996). Étude des critères du concept de vie chez des élèves de sixième. *Didaskalia*, 9, 57-82.
- Simard, C., Harvey, L., & Samson, G. (2014). Regard multidimensionnel des conceptions du vivant : Situation en contexte québécois. *RDST*, 9, 79-102. <https://doi.org/10.4000/rdst.852>
- Van Brederode, M. (2019). Les textes de savoirs dans les cahiers de SVT des élèves de 6e. Problématisation et inégalités. *Recherches en didactiques*, N° 28(2), 89-100. <https://doi.org/10.3917/rdid.028.0089>
- Wright, L. (1973). *Functions*. *The Philosophical Review*, 82(2), 139. <https://doi.org/10.2307/2183766>
- Zwang, A. (2022). *Principales conceptions du vivant construites au cours de l'histoire des sciences* [Travaux Dirigés]. Représentations, conceptions, problématisation, Lyon/Montpellier.

Conquérir une pensée populationnelle en maternelle

Julie Gobert*¹ and Corinne Jegou*¹

¹Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation – Aix Marseille Université, Aix Marseille Université
: EA4671 – France

Résumé

Nous cherchons à comprendre comment des élèves de maternelle peuvent entrer dans une pensée populationnelle. Dans cette communication, nous proposons une analyse des activités épistémologique-langagières d'un élève au moment des 2 tests, séparés notamment par une séquence de 6 séances construites en référence au modèle précurseur de l'évolution. Nous montrons à travers les analyses présentées, que l'élève a développé une approche populationnelle et mobilise dans ses raisonnements l'idée de variation intraspécifique. Il se réfère à des pratiques de référence de la discipline et se pose des questionnements scientifiques spécifiques et nouveaux. Les résultats issus de ces analyses montrent, de notre point de vue, un développement conceptuel du concept d'espèce et de population.

Mots-Clés: pensée populationnelle, espèce, variations intraspécifiques, modèle précurseur, situation, problème

Conquérir une pensée populationnelle en maternelle

Introduction

Nous nous intéressons à l'étude de la construction des savoirs et des pratiques de savoirs à l'école, concernant l'évolution biologique. Notre recherche met à l'épreuve un modèle précurseur (Jégou et al., 2022), pour l'enseignement de l'évolution comme outil d'élaboration et de mise en œuvre de situations d'apprentissage en maternelle. Nous cherchons, notamment, à comprendre comment de jeunes élèves peuvent entrer dans une pensée populationnelle. Nous défendons l'idée que travailler, dès la maternelle, sur le concept de population et de variation, faciliterait l'entrée des élèves dans un mode de pensée populationnelle et limiterait la persistance de l'obstacle d'une vision typologique essentialiste de l'espèce, souvent constatée dans les études didactiques à différents niveaux de classe (Bishop et al, 1990 ; Gobert, 2014, 2020 ; Gobert et Lhoste 2023).

Problématique et cadrage théorique

Nous cherchons à comprendre comment des élèves de maternelle vont pouvoir conquérir un point de vue populationnel à travers l'étude d'espèces animales, notamment en travaillant sur l'idée de variabilité phénotypique intraspécifique, en se questionnant à la fois sur les points communs des individus d'une même espèce et sur leur singularité. C'est donc la construction du concept d'espèce qui est en jeu. Notre cadre épistémologique et conceptuel s'ancre sur des travaux d'épistémologie et de philosophie des sciences (Bachelard, 1993;

Canguilhem, 1989; Gayon, 2012 ; Huneman, 2009, Mayr, 1959/1976 ; Jacob, 1970). La recherche articule deux cadres théoriques, celui du cadre de l'apprentissage par problématisation (CAP) (Orange, 2012, Orange-Ravachol, 2012 ; Lhoste, 2017) et celui de la construction de communautés discursives scolaires (CDDScol) (Jaubière et Rebière, 2021). Nous refusons la séparation entre savoirs et pratiques des savoirs (Fabre, 2015, p.132- 135), et ils sont indissociables de l'existence d'une communauté de spécialistes du champ d'action de ces savoirs et pratiques. Ainsi, à l'École, en classe de Sciences, ce sont à la fois les concepts de scientifiques qui doivent faire l'objet d'apprentissage et simultanément les pratiques de ces savoirs, y compris les pratiques langagières spécifiques de ces pratiques de savoirs, inextricablement liées. Travailler sur le concept d'espèce, en l'abordant du point de vue notamment du problème de la diversité et de l'unité au sein d'une population va donc de pair avec une construction de pratiques disciplinaires qui lui sont spécifiques.

Nous considérons, d'un point de vue théorique, que le travail cognitif et langagier des élèves *a amené* la classe de maternelle à se constituer en CDDScol (Bernié, 2002). Les pratiques langagières, les savoirs et les pratiques de savoirs se distinguent au sein de cette communauté des usages langagiers et cognitifs du quotidien des élèves. En effet, parce qu'une discipline est vue comme des manières d'agir-parler-penser, devenir sujet social dans la classe signifie

« conquérir une position d'énonciateur pertinent dans une discipline, c'est-à-dire dans un champ de pratiques à la fois matérielles, sociales, discursives, telles qu'elles sont refigurées dans la classe et dans les situations d'apprentissage » (Bernié, Jaubert & Rebière, 2008, p. 124). Les concepts scientifiques auxquels se réfèrent les concepts scientifiques scolaires sont *« historiquement et socialement élaborés, instrumentés par des outils techniques, cognitifs et langagiers et disponibles dans la culture »* (Jaubert, 2007, p. 74). Les concepts scientifiques sont donc des outils culturels et, du point de vue du CAP, nous ne pouvons les désolidariser des

problèmes auxquels ils réfèrent.

Dispositif du corpus de données

Les données sont extraites d'un corpus construit et mis en œuvre dans le cadre d'un dispositif collaboratif de situations forcées défini par Orange (2010). Une séquence de 6 séances a été mise en œuvre. Celle-ci a été précédée d'un prétest et est suivie d'un post-test, tous deux identiques. Notre communication propose des éléments d'une analyse des activités épistémolangagières d'un élève (Eden) au moment des 2 tests lors des échanges avec une chercheuse. Eden est un élève qui s'exprime beaucoup à l'oral, c'est pour cela que nous l'avons choisi, dans un premier temps. Nous cherchons à analyser les transformations potentielles des réponses apportées par les élèves confrontés aux mêmes tâches lors de ces deux tests. Nous cherchons à savoir si l'élève interrogé a conceptualisé l'idée de variation intraspécifique et, conjointement, a pu développer des discours pertinents quant aux objets et pratiques relatifs à l'étude des populations d'espèces animales.

Nous analysons les productions langagières des élèves du point de vue de :

- l'activité de problématisation afin de caractériser les problèmes des élèves et leurs raisonnements ;

- des déplacements langagiers, qui peuvent être interprétés du point de vue épistémique comme déplacements conceptuels, et qui se caractérisent notamment par des transformations des objets de discours et une évolution du travail de positionnement énonciatif.

Analyse comparative du pré-test et du post-test

Les protocoles d'entretien des tests sont décrits dans une publication précédente (Jégou et al., 2022) et partiellement explicités ici.

Tâche 1 : reconstituer une population

Les enfants doivent choisir, parmi une collection de guppys différents, les compagnons d'un guppy bleu, présenté en introduction de la tâche. Dans cette collection, certains guppys sont identiques au guppy bleu tandis que d'autres ont la même forme, la même taille mais ont des couleurs différentes.

Dans le pré-test, Eden va constituer la population de guppies avec les critères suivants : « j'ai regardé eux ils ont tous les mêmes écailles et les mêmes trucs au niveau de la tête et la même queue ». Lorsque Eden procède au choix des poissons, on voit effectivement que son regard passe alternativement des photos de poissons qu'il peut choisir de prendre et à celle du poisson donné au début de la tâche en faisant un travail de comparaison assez minutieux des phénotypes des différents poissons qui sont à sa disposition. Dans le prétest, il choisit des poissons tous identiques au guppy bleu pour constituer une population de poissons pouvant vivre ensemble dans la mer. Lors du post-test, Eden va proposer sans hésitation une solution totalement opposée en reconstituant une population hétérogène présentant des phénotypes divers. On peut penser qu'Eden mobilise l'idée de variation intraspécifique dès la première tâche, ce qui n'avait pas été le cas lors du pré-test. À la question supplémentaire posée par la chercheuse : « est-ce que ce serait possible d'avoir un guppy de couleur rose dans la nature », (précisons qu'il n'y avait pas de guppy rose proposé dans la tâche 1), Eden répond « oui » et justifie sa réponse en disant qu'on voit d'ailleurs un peu de rose sur un autre guppy présent dans la population qu'il a construite, faisant preuve ici encore d'un travail d'observation

assez précis des phénotypes des poissons. Par sa pratique d'observation assez fine, il a donc vérifié si le caractère existait déjà, pour conclure à la possibilité d'existence d'un phénotype rose. Il nous semble que les réponses d'Eden à cette première tâche montrent des éléments de réponses qui indiquent un dépassement ou une fissuration de la pensée typologique (Astolfi & Peterfalvi, 1993).

Tâche 2 : Prédire ou non l'existence de phénotypes différents dans une population

Version modifiée d'une tâche à choix forcés proposée par Emmons et Kelemen (2015), la tâche 2 présente des « animaux fictifs mais réalistes » dans une histoire fictive où des explorateurs ont récemment découvert un animal (un seul individu) d'une espèce jamais observée auparavant (une image est montrée aux enfants). Ces scientifiques recherchent d'autres individus de la même espèce et se demandent s'ils vont être tous identiques au premier ou différents.

Les réponses d'Eden et les éléments de discussion dans la tâche 2 du post-test sont également opposées à ce qui est produit lors du pré-test. Ainsi, alors qu'Eden pendant le prétest avait choisi systématiquement des groupes homogènes identiques (avec des individus présentant des phénotypes tous identiques à l'individu trouvé par les scientifiques), il choisit ici des groupes hétérogènes d'individus vivants ensemble (de saumons, de lézards, de poissons, de mammifères), émettant cependant l'idée que ce n'est peut-être pas facile de capturer les individus différents du premier phénotype proposé. Les réponses à la tâche 2 du post-test sont remarquables par l'apparition d'un objet de discours nouveau, celui d'« espèce », employé à plusieurs reprises par Eden. Par ailleurs, des objets de discours sur le milieu de vie des espèces animales sont également présents sans que cela soit lié à des questionnements du chercheur, comme : « dans la nature », « au fond de la mer », « dans le désert ». De lui-même, l'élève semble s'intéresser au milieu de vie de chacune des espèces présentées et faire la relation entre l'espèce et son milieu de vie. Ces éléments langagiers, nouveaux dans le discours d'Eden, montrent, de notre point de vue, un niveau de conceptualisation de l'espèce qui dépasse le point de vue typologique : l'espèce est constituée par des groupes d'individus hétérogènes, c'est à dire présentant une variabilité phénotypique intraspécifique et les populations sont présentes dans un milieu de vie spécifique.

Dans la séquence, les populations animales étudiées (Guppy, chevaux, éléphants, escargots) étaient constituées d'individus aux phénotypes différents et les activités étaient orientées vers l'observation, la reconnaissance, la description des distinctions phénotypiques entre individus et des caractères partagés. L'étude de la CDSScol construite au cours de la séquence fera l'objet de prochaines analyses permettant, nous l'espérons, de mieux comprendre les relations entre les résultats des entretiens et les activités développées dans la séquence.

Tâche 3 : Résoudre une situation-problème

Cette tâche propose une situation problème (Fabre, 1999) dans laquelle les jeunes enfants doivent mobiliser l'idée de variation intraspécifique pour pouvoir problématiser (position, construction et résolution du problème).

On montre à l'élève la photo d'un groupe de cerfs adultes vivant ensemble et possédant des bois caractérisés par leur dureté (et donc impossibles à plier). La chercheuse explique à l'élève qu'il y a de la nourriture pour les cerfs de l'autre côté d'un tunnel et que le seul moyen d'y accéder pour eux est de passer par celui-ci. Des scientifiques, qui étudient ce groupe de cerfs,

ont observé 3 cerfs n'étant pas parvenus à traverser le tunnel car leurs bois se cognaient contre le haut du tunnel. Dans la suite de cette tâche, si les enfants affirment qu'aucun des autres cerfs du groupe ne peut traverser le tunnel, on leur dit que les scientifiques ont finalement vu des cerfs le traverser. On leur demande alors d'expliquer comment cela a été possible.

Concernant la tâche 3, des transformations importantes dans les réponses d'Eden lors du post-test sont observées. Lors du prétest Eden utilise des objets de discours issus du langage quotidien pour parler des individus de la population ("si ce serait des bébés cerfs", "Comme les mamans cerfs"), ce qu'il ne fait plus lors du post-test. En effet, et assez étonnamment d'ailleurs, il emploie même dès le début de la tâche 3 un mot scientifique pour parler du groupe de cerfs : « des cervidés ». Il réutilise dans la suite de la discussion le mot "bois" qui lui est donné par la chercheuse, et non le mot "cornes" qu'il utilisait au début. Par les choix des mots qu'Eden réalise à travers ses formulations ou reformulations, on peut voir le désir d'inscrire son discours dans un langage scientifique, qui lui paraît pertinent au regard de la situation de travail, soit un positionnement énonciatif pertinent. Comme dans la tâche 2 du post-test, Eden donne des précisions sur le milieu de vie du groupe de cerf sans que cela lui soit demandé par la chercheuse « et lui il vit dans la forêt ? ». À la fin de la situation- problème, les solutions d'une variabilité intraspécifique de la taille des individus adultes et de la longueur des bois des cerfs ont été proposées par Eden. Les raisons possibles expliquant cette variation intraspécifique de la longueur des bois lui sont demandées et il émet alors un argument analogique en comparant les cerfs aux humains : « parce que c'est comme les humains... que les humains ils ont des cheveux plus ou moins longs ». Eden raisonne en termes d'espèces (les humains) et de variations phénotypiques présentes au sein d'une espèce (des cheveux plus ou moins longs, ce qui est discutable cependant). L'expression de la chercheuse concernant des longueurs de bois "un peu différentes" est reprise par Eden et transformée en cheveux "plus ou moins longs". Le recours à une argumentation analogique pourrait indiquer un processus de généralisation de l'idée de variabilité intraspécifique.

Conclusions

Notre recherche semble montrer, à travers cette première étude de cas, la faisabilité d'un travail de problématisation et de conceptualisation scientifique en maternelle, comme d'autres études l'ont montré (Ledrapier, 2010), mené conjointement à la construction de pratiques de savoirs et langagières spécifiques de la discipline. Nous montrons la possibilité du développement d'une approche populationnelle, au combien importante pour aborder les sciences de la vie à l'école et notamment l'évolution du vivant. Nous devons également poursuivre le travail sur la construction d'un modèle précurseur pour une pensée évolutionniste en maternelle.

Bibliographie

- Astolfi, J.-P., & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 103-141.
- Bachelard, G. (1993). *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Vrin.
- Bernié, J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : un apport à la didactique comparée ? *Revue française de pédagogie*, 141, 77-88.
- Bernié J-P1, Jaubert M. & Rebière M. (2008), « Du contexte à la construction du sujet cognitif : l'hypothèse énonciative », dans M. Brossard et J. Fijalkow (dir.), *Vygotski et les recherches en éducation et en didactiques*, Pessac, Presses Universitaires de Bordeaux, p.123-141.

- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427.
- Canguilhem, G. (1968/1989). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Vrin.
- Emmons, N. A., & Kelemen, D. A. (2015). Young children's acceptance of within-species variation: Implications for essentialism and teaching evolution. *Journal of Experimental Child Psychology*, 139, 148-160.
- Fabre, M. (1999). *Situations problèmes et savoirs scolaires*. Paris: PUF. [Fabre, M. \(2015\). *Éducation et humanisme. Lecture de John Dewey*. Vrin.](#)
- Gayon, J. (2012). De Popper à la biologie de l'évolution: La question de l'essentialisme. *Philonsorbonne*, 6, 127-136.
- Gobert, J. (2014). *Processus d'enseignement-apprentissage de raisonnements néodarwiniens en classe de sciences de la Vie et de la Terre*. Thèse de doctorat, Université de Caen Basse-Normandie, France.
- Gobert, J. (2020). Modélisation du système aléa-sélection-hérédité-population: réflexion didactique sur l'accès à une pensée évolutionniste. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (22), 239-263.
- Gobert, J., & Lhoste, Y. (2023). Conquérir un point de vue populationnel et historique pour apprendre l'évolution. Analyse de la co-activité professeur-élève par l'étude de la structuration des contextes. *Éducation & Didactique*, 17(1), 9-42.
- Huneman, P. (2009). Sélection. In T. Heams, P. Huneman, G. Lecointre & M. Silberstein (Éds.), *Les mondes darwiniens* (pp. 47-86). Paris: Syllepse.
- Ledrapier, C. (2010). Découvrir le monde des sciences à l'école maternelle: quels rapports avec les sciences?. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (2), 79-102.
- Jacob, F. (1970). *La logique du vivant*. Paris: Gallimard.
- Jaubert M. (2007), *Langage et construction de connaissances à l'école. Un exemple en sciences*, Pessac, Presses universitaires de Bordeaux.
- Jaubert, M., & Rebière, M. (2021). Un modèle pour interpréter le travail du langage au sein des «communautés discursives disciplinaires scolaires». *Pratiques. Linguistique, littérature, didactique*, (189-190). <https://doi.org/10.4000/pratiques.9680>
- Jégou, C., Gobert, J., Delserieys, A., & Ergazaki, M. (2022). A system to identify young children's reasoning about variations within populations. In *Precursor models for teaching and learning science during early childhood* (pp. 193-217). Cham: Springer International Publishing.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie & didactique des SVT. Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Presses universitaires de Bordeaux.
- Orange, C. (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier enseignant. *Recherches en éducation*, (HS2).
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences: problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- Orange-Ravachol D. (2012). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre. Entre phénomènes et évènements*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.

L'éducation à l'innovation technologique responsable. Attentes sociétales, prescriptions curriculaires et dispositifs

Abdel Karim Zaid¹, Patrick Roy²

1 : Théodile-CIREL, Université de Lille

2 : HEP Fribourg, Suisse

Résumé

L'éducation technologique est présente dans le cursus scolaire de l'école, selon des configurations disciplinaires et un corps enseignant différenciés. À ce titre, elle est un des lieux éducatifs privilégiés où il est possible de (re)construire une culture technologique en cohérence avec les défis globaux auxquels doivent faire face les futures générations dans le contexte actuel de l'anthropocène. Plus particulièrement, elle est en première ligne pour outiller les futurs ingénieurs, techniciens et citoyens pour penser les nouveaux rapports entre technologie et société. D'une technologie dont le moteur essentiel est une innovation mue par le productivisme, la demande est forte d'opérer une bifurcation vers une technologie structurée par une innovation responsable. Pour dépasser le stade de l'énoncé de principe, cette visée d'innovation technologique responsable est censée se manifester dans les finalités, les stratégies éducatives et les élaborations didactiques et pédagogiques de l'éducation technologique incarnant la culture technologique à l'école au même titre que les autres disciplines leurs cultures correspondantes. C'est ce qu'il s'agit d'explorer, dans le cadre de ce symposium en se focalisant sur **le sens et les conditions de possibilité d'une telle éducation technologique, innovante et responsable.**

Émergeant au début du 21^e siècle, la notion d'Innovation Responsable a vu ses acceptions évoluer tant dans les discours politiques de recherche et d'innovation que dans ceux de la formation des ingénieurs. Une variété d'acceptions de l'IR s'étend, aujourd'hui, de l'énoncé de principes généraux à l'énumération d'actions élémentaires. Le caractère responsable implique, ainsi, un processus d'innovation attentif aux valeurs et aux normes sociales (Stilgoe et al. 2013 ; European Commission, 2017 ; Owen et al. 2013), inclusif de tous les acteurs concernés et ouverts sur les grands enjeux environnementaux (European Commission, 2012). Plusieurs revues de littérature mettent ainsi en évidence le caractère foisonnant de la recherche sur l'IR : revue systématique des définitions et des dimensions conceptuelles (Burget, Bardone, Pedaste, 2016), étude des moteurs, outils, produits et obstacles (Thapa, Iakovleva, Foss, 2019), caractérisation des déterminants dans le domaine de la santé (Lehoux, Daudelin, Denis, Gauthier, Hagemester, 2019) ou encore synthèse des résultats de recherches empiriques dans le domaine du commerce (Lubberink, Blok, Van Ophem, Omta, 2017).

Les recherches disponibles sur l'IR privilégient souvent des points de vue institutionnels, politiques ou socioéthiques et se concentrent sur les environnements universitaires de R&D. Elles sont caractérisées par deux types de positionnement : d'une part, des travaux qui s'inscrivent dans les principes associés à l'IR dans les textes institutionnels (par exemple, en vue de questionner certaines modalités particulières de mettre en place ou d'initier à l'innovation responsable en formation d'ingénieurs) ; d'autre part, des travaux critiques de la notion d'IR et qui en interrogent les relations innovation-technologie-responsabilité.

Ce sont des questionnements de didactique curriculaire (Martiand, 2012 ; Zaid, 2017) visant à caractériser les conditions de possibilité d'une éducation à l'ITR qui structureront les travaux de ce symposium. Plus spécifiquement, nous cherchons à apporter des réponses aux questions suivantes : Quelle compréhension de la technologie suppose le concept d'innovation technologique ? Quelles démarches ou approches sont mises en place en classe ? Quels dispositifs de formation ou de recherche sont mis en place pour former les enseignants à une éducation technologique responsable ?

Mots-Clés : Éducation technologique ; Innovation ; Responsabilité ; Didactique ; Dispositif.

L'éducation à l'innovation technologique responsable. Attentes sociétales, prescriptions curriculaires et dispositifs

Communications

John Didier
David Guenez, Abdelkarim Zaid, Patrick Roy
Patrick Roy

Discutants

- Nicolas Hervé : Maître de conférences – HDR, Ecole Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole
- Alain Pache : Professeur HEP ordinaire, Haute école pédagogique du canton de Vaud

Présentation du symposium

L'éducation technologique est présente dans le cursus scolaire de l'école, selon des configurations disciplinaires et un corps enseignant différenciés. À ce titre, elle est un des lieux éducatifs privilégiés où il est possible de (re)construire une culture technologique en cohérence avec les défis globaux auxquels doivent faire face les futures générations dans le contexte actuel de l'anthropocène. Plus particulièrement, elle est en première ligne pour outiller les futurs ingénieurs, techniciens et citoyens pour penser les nouveaux rapports entre technologie et société. D'une technologie dont le moteur essentiel est une innovation mue par le productivisme, la demande est forte d'opérer une bifurcation vers une technologie structurée par une innovation responsable. Pour dépasser le stade de l'énoncé de principe, cette visée d'innovation technologique responsable est censée se manifester dans les finalités, les stratégies éducatives et les élaborations didactiques et pédagogiques de l'éducation technologique incarnant la culture technologique à l'école au même titre que les autres disciplines leurs cultures correspondantes. C'est ce qu'il s'agit d'explorer, dans le cadre de ce symposium en se focalisant sur **le sens et les conditions de possibilité d'une telle éducation technologique, innovante et responsable.**

Émergeant au début du 21^e siècle, la notion d'Innovation Responsable a vu ses acceptions évoluer tant dans les discours politiques de recherche et d'innovation que dans ceux de la formation des ingénieurs. Une variété d'acceptions de l'IR s'étend, aujourd'hui, de l'énoncé de principes généraux à l'énumération d'actions élémentaires. Le caractère responsable implique, ainsi, un processus d'innovation attentif aux valeurs et aux normes sociales (Stilgoe et al. 2013 ; European Commission, 2017 ; Owen et al. 2013), inclusif de tous les acteurs concernés et ouverts sur les grands enjeux environnementaux (European Commission, 2012). Plusieurs revues de littérature mettent ainsi en évidence le caractère foisonnant de la recherche sur l'IR : revue systématique des définitions et des dimensions conceptuelles (Burget, Bardone, Pedaste, 2016), étude des moteurs, outils, produits et obstacles (Thapa, Iakovleva, Foss, 2019), caractérisation des déterminants dans le domaine de la santé (Lehoux, Daudelin, Denis, Gauthier, Hagemeister, 2019) ou encore synthèse des résultats de recherches empiriques dans le domaine du commerce (Lubberink, Blok, Van Ophem, Omta, 2017).

Les recherches disponibles sur l'IR privilégient souvent des points de vue institutionnels, politiques ou socioéthiques et se concentrent sur les environnements universitaires de R&D. Elles sont caractérisées par deux types de positionnement : d'une part, des travaux qui s'inscrivent dans les principes associés à l'IR dans les textes institutionnels (par exemple, en vue de questionner certaines modalités particulières de mettre en place ou d'initier à l'innovation responsable en formation d'ingénieurs) ; d'autre part, des travaux critiques de la notion d'IR et qui en interrogent les relations innovation-technologie-responsabilité.

Ce sont des questionnements de didactique curriculaire (Martiaud, 2012 ; Zaid, 2017) visant à caractériser les conditions de possibilité d'une éducation à l'ITR qui structureront les travaux de ce symposium. Plus spécifiquement, nous cherchons à apporter des réponses aux questions suivantes : Quelle compréhension de la technologie suppose le concept d'innovation technologique ? Quelles démarches ou approches sont mises en place en classe ? Quels dispositifs de formation ou de recherche sont mis en place pour former les enseignants à une éducation technologique responsable ?

Bibliographie

- Burget M., Bardone E., Pedaste M. (2017). Definitions and Conceptual Dimensions of Responsible Research and Innovation: A Literature Review. *Science and Engineering Ethics*, 23, 1, 1-19.
- European Commission. (2012). Responsible Research and Innovation. Europe's ability to respond to societal challenges. London: E. Union.
- European Commission. (2017). Responsible research & innovation. <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/responsible-research-innovation>.
- Lehoux P., Daudelin G., Denis J.-L., Gauthier Ph., Hagemeister N. (2019). Pourquoi et comment sont conçues les innovations responsables ? Résultats d'une méta-ethnographie. *Innovations*, 2, 59, 15-42.
- Lubberink R., Blok V., Van Ophem J., Omta O. (2017). Lessons for Responsible Innovation in the Business Context: A Systematic Literature Review of Responsible, Social and Sustainable Innovation Practices. *Sustainability*. 9, <https://doi.org/10.3390/su9050721>
- Martinand J.-P. (1989). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences techniques. *Les sciences de l'éducation, pour l'ère nouvelle*, n°2, p. 23-29.
- Owen R., Stilgoe J., Macnaghten Ph., Gorman M., Fisher E., Guston D., (2013). A Framework for Responsible Innovation. In R. Owen, J. Bessant, M. Heintz (eds.), *Responsible Innovation*, First Edition. John Wiley & Sons, Ltd.
- Stilgoe J., Owen, R. et Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42, 9, 1568-1580.
- Thapa R. K., Iakovleva T., Foss L. (2019). Responsible research and innovation : a systematic review of the literature and its applications to regional studies. *European Planning Studies*, 27,12, 2470-2490.
- Zaid A. (2017). Elaborer, transmettre et construire des contenus. Perspective didactique des dispositifs d'éducation et de formation en sciences et technologies. Rennes : PUR.

Innovation et créativité dans la formation des enseignant·e·s : concevoir et réaliser de manière responsable et durable

Frédérique Vuille¹, Guillaume Massy¹, John Didier¹, Winterhalter Patrick¹, Marion Botella²

1 : Haute école pédagogique Vaud, Suisse
2 : Laboratoire LEPEA, Université Paris Cité

Résumé

Cette recherche analyse un dispositif de formation des enseignant·e·s orienté sur le développement du processus créatif dans le cadre de la conception et de la réalisation d'objets techniques (Simondon, 1989). Dans cette étude menée au sein de la formation des enseignant·e·s, nous nous concentrons sur l'acquisition des savoirs disciplinaires en regard des pratiques sociales de références (Martinand, 2018) des métiers de la conception. Par l'introduction des activités de conception créatives dans la formation des enseignant·e·s, nous visons la formation des futur·e·s enseignant·e·s au processus créatif. La créativité est souvent précisée comme dépendante à la fois de l'individu qui crée les nouveaux produits, de l'environnement et de la société dans lesquels ces produits sont introduits (Lubart et al., 2015). Les activités de conception créatives mobilisent une activité de résolution de problème complexe qui implique la créativité de l'individu dans le cadre de la conception et la réalisation de produits. Les pratiques sociales des métiers de la conception renvoient à une évolution des praxéologies de la conception. Qu'il s'agisse de l'écoconception ou de la coconception, la dimension éthique et responsable apparaît ainsi convoquée au sein de cette activité créative et complexe (Choulier, 2008). De ce fait, pour questionner les enjeux de formation liés à l'innovation technologique responsable, nous adoptons une orientation centrée sur l'activité technologique. Celle-ci renvoie à l'intention de réalisation d'un objet technique (Simondon, 1989). Elle met en œuvre les étapes de conception, de fabrication et d'utilisation afin d'obtenir un projet ou un produit (Lutz, Hostein, Lécuyer, 2004). Sur le plan épistémologique, nous privilégions une entrée culturelle de l'enseignement des techniques qui se base à la fois sur une approche anthropocentrée (Haudricourt, 1987 ; Lamard & Lequin, 2005) et sur le caractère multidimensionnel de l'action technique (Ropohl, 1999). En effet, cette approche multidimensionnelle englobe à la fois la perspective spécialisée et socio-humaine de la technologie (Käser, 2017). De ce fait, ceci convoque des questionnements éthiques et responsables dans l'enseignement de la technologie.

Mots-Clés : Conception ; Créativité ; Innovation ; Technologie.

Innovation et créativité dans la formation des enseignant·e·s : concevoir et réaliser de manière responsable et durable

Symposium : L'éducation à l'innovation technologique responsable. Attentes sociétales, prescriptions curriculaires et dispositifs

Contexte de la recherche

Cette recherche analyse un dispositif de formation des enseignant·e·s orienté sur le développement du processus créatif dans le cadre de la conception et de la réalisation d'objets techniques (Simondon, 1989).

Dans cette étude menée au sein de la formation des enseignant·e·s, nous nous concentrons sur l'acquisition des savoirs disciplinaires en regard des pratiques sociales de références (Martinand, 2018) des métiers de la conception. Par l'introduction des activités de conception créatives dans la formation des enseignant·e·s, nous visons la formation des futur·e·s enseignant·e·s au processus créatif. La créativité est souvent précisée comme dépendante à la fois de l'individu qui crée les nouveaux produits, de l'environnement et de la société dans lesquels ces produits sont introduits (Lubart et al., 2015).

Cadres théoriques

Les activités de conception créatives mobilisent une activité de résolution de problème complexe qui implique la créativité de l'individu dans le cadre de la conception et la réalisation de produits (Didier et Bonnardel, 2020). Les pratiques sociales des métiers de la conception renvoient à une évolution des praxéologies de la conception. Qu'il s'agisse de l'écoconception ou de la coconception, la dimension éthique et responsable apparaît ainsi convoquée au sein de cette activité créative et complexe (Choulier, 2008).

De ce fait, pour questionner les enjeux de formation liés à l'innovation technologique responsable, nous adoptons une orientation centrée sur l'activité technologique. Celle-ci renvoie à l'intention de réalisation d'un objet technique (Simondon, 1989). Elle met en œuvre les étapes de conception, de fabrication et d'utilisation afin d'obtenir un projet ou un produit (Lutz, Hostein, Lécuyer, 2004).

Sur le plan épistémologique, nous privilégions une entrée culturelle de l'enseignement des techniques (Didier, 2015) qui se base à la fois sur une approche anthropocentrée (Haudricourt, 1987 ; Lamard & Lequin, 2005 ; Didier, Lequin & Leuba, 2017) et sur le caractère multidimensionnel de l'action technique (Ropohl, 1999). En effet, cette approche multidimensionnelle englobe à la fois la perspective spécialisée et socio-humaine de la technologie (Käser, 2017). De ce fait, ceci convoque des questionnements éthiques et responsables dans l'enseignement de la technologie (Vuille et al., 2022).

Méthodologie

Sur le plan méthodologique, nous employons une approche quantitative basée sur l'utilisation de carnets du processus créatif (Botella et al. 2017) employés avec 150 étudiant·e·s en formation. qui fait suite aux étapes de conception, de réalisation et d'utilisation du produit. Ces carnets guident les étudiant·e·s à travers les étapes de conception, de réalisation et d'utilisation du produit. Le carnet du processus créatif (ibid, 2017) permet d'accéder aux facteurs multivariés de la créativité (Lubart et al., 2015). Celle-ci engage la combinaison de

différents types de facteurs à savoir les facteurs : cognitifs (intelligence, connaissances), conatifs (personnalité, motivation), émotionnels et environnementaux (Lubart et al., 2015). L'utilisation des carnets du processus créatif participe à identifier les différents facteurs engagés au sein de l'activité technologique. La récolte de données a été réalisée pendant un semestre en première année de formation des enseignant.e.s et répartie sur 6 rencontres de 180 minutes. L'échantillon total est composé de 150 étudiant.e.s, 14 hommes et 84 femmes (M = 24,04 ans, SD = 7,08 ans, intervalle = 18-52 ans).

Résultats

Le processus créatif des futur.e.s enseignant.e.s implique, dans le cadre de cette formation orientée sur la conception et la réalisation de produits, des étapes d'essais et d'explorations techniques. Par ailleurs, l'expérimentation privilégiée au sein de l'activité technologique requiert de la part des étudiant.e.s des questionnements éthiques et des prises de décisions impliquant des choix responsables et durables en regard des matériaux et des techniques. Par ailleurs, en regard des pratiques sociales de référence (Martinand, 2018) la posture de l'artisan semblerait davantage convoquée vis-à-vis des différents résultats de cette étude. En effet, les premiers résultats relèvent la prédominance de la réalisation et de l'acquisition des techniques au sein du processus créatif. En conclusion, les activités de conception, de réalisation et d'utilisation d'objets techniques amènent les futurs enseignant.e.s à prendre des décisions éthiques et durables qui participent au développement d'une créativité appliquée et adaptée au contexte.

Références

- Botella, M., Nelson, J., & Zenasni, F. (2017). It is time to observe the creative process: How to use a Creative Process Report Diary (CRD). *Journal of Creative Behavior*, 53(2), 211-221.
- Choulier, D. (2008). *Comprendre l'activité de conception*. UTBM.
- Didier, J., Lequin, Y. C., & Leuba, D. (2017). *Devenir acteur dans une démocratie technique- Pour une didactique de la technologie*. UTBM.
- Didier, J. (2015). Concevoir et réaliser à l'école. Culture technique en Suisse romande. Dans Y. Lequin et P. Lamard (dir.), *Éléments de démocratie technique* (pp. 227-238). UTBM.
- Didier, J., & Bonnardel, N. (2020). *Activités de conception créatives: nouvelles perspectives dans la formation des enseignants*. UTBM.
- Haudricourt, A-G. (1987). *La technologie, science humaine. Recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques*. Maison des sciences de l'homme.
- Käser, A. (2017). Technik und Design/ Technique et Design Un nouvel outil didactique pour les activités créatrices et techniques. In J. Didier, Y. Lequin et D. Leuba (Eds.), *Devenir acteur dans une démocratie technique, Pour une didactique de la technologie* (pp.121-46). UTBM.
- Lamard, P. & Lequin, Y-C. (2005). *La technologie entre à l'université. Compiègne, Sevenans, Belfort-Montbéliard*. UTBM.
- Lubart, T., Mouchiroud, C., Tordjman, S. & Zenasni, F. (2015). *Psychologie de la créativité*. Armand Colin.
- Lutz, L., Hostein, B., & Lécuyer, É. (2004). *Enseigner la technologie à l'école élémentaire*. SCEREN-CRDP Aquitaine.
- Martinand, J. L., & Kéradec, H. (2018). Pratiques sociales de référence, et autres concepts. *Économie et management*, 166, 68-73.

- Martinand, J. L. (1981). Pratiques sociales de référence et compétences techniques. À propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique en classe de quatrième. *Diffusion et appropriation du savoir scientifique: enseignement et vulgarisation. Actes des Troisièmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*, 149-154.
- Pastré, P. (2011). *La didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes*. PUF.
- Ropohl, G. (1999). *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik* (2. Auflage). Hanser Verlag.
- Simondon, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. Aubier Philosophie.
- Vuille, F., Didier, J., Massy, G., et Boulet, S. (2022). Le processus créatif dans une pédagogie du projet au sein de l'enseignement du design textile à l'école obligatoire en Suisse. *Sciences du design*, 15, 75-91. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/6034>

Les dispositifs d'éducation à l'innovation technologique responsable (ITR)

David Guenez¹, Abdelkarim Zaid¹, Patrick Roy²

1 : Théodile-CIREL, Université de Lille

2 : HEP Fribourg, Suisse

Résumé

Impulsée par les programmes cadres européens successifs (Commission Européenne, 2020, 2010), l'innovation a émergé comme un enjeu important des programmes éducatifs dans les pays membres. Toutefois, cette montée en puissance de l'innovation n'a pas été sans susciter des débats et des critiques, dans le contexte de la transition écologique et sociale, menant à l'émergence de discours appelant à une réévaluation des modèles prédominants de production de l'innovation. Les limites planétaires en ressources mais aussi les conséquences néfastes sur les plans écologiques et sociaux d'une course à l'innovation donnent du crédit à l'idée d'une transition vers une « innovation technologique responsable », dans le sillon de l'innovation et la recherche responsables (Stilgoe et al., 2013).

Dans ce contexte, l'éducation technologique se retrouve en première ligne pour construire chez les élèves, dès le jeune âge, une culture de l'innovation, en favorisant la compréhension de son impact et en encourageant une contribution responsable au développement technologique. Les modalités d'enseignement y consistant, souvent, en des dispositifs centrés sur des objets ou systèmes technologiques. En effet, en tant qu'enseignement présent de l'école primaire au lycée, l'éducation technologique permet d'aborder de manière privilégiée les notions clés liées à l'innovation, pouvant ainsi jeter les bases d'une réflexion approfondie sur l'innovation technologique responsable.

La notion d'Innovation Responsable a vu ses acceptions évoluer tant dans les discours politiques de recherche et d'innovation que dans ceux de la formation. Le caractère responsable impliquerait, ainsi, un processus d'innovation attentif aux valeurs et aux normes sociales (Stilgoe et al. 2013 ; European Commission, 2017 ; Owen et al. 2013), inclusif de tous les acteurs concernées et ouvert sur les grands enjeux environnementaux (European Commission, 2012). L'Innovation Responsable constitue aujourd'hui un nouveau marqueur de la société moderne (Godin 2008) et un cadre pour interroger la manière dont l'innovation technologique doit être orientée au regard des grands enjeux sociétaux et leurs implications particulières. En vue de s'en saisir d'un point de vue didactique, il s'agira, dans le cadre de cette recherche, d'interroger le sens de la technologie que suppose la notion d'innovation technologique et la manière dont cette interprétation de la technologie affecte la façon dont on innove aujourd'hui, qui plus est, de manière responsable (Schomberg, Blok, 2019). C'est tout le sens de la revue de littérature qui sera développée dans la suite.

Quant à la notion de dispositif, elle recouvre ici deux acceptions liées. D'une part, dispositif renvoie au prescrit, un réseau hétérogène de composants humains, matériels et symboliques, doté d'une stratégie définie, d'un lieu spécifique (une institution), d'une désignation et d'une conscience de soi (De Certeau, 1990). D'autre part, il renvoie l'appropriation par les acteurs du dispositif prescrit, en représentation et en acte, impliquant son adaptation ou son détournement. Cette dualité offre une perspective riche pour explorer les dynamiques didactiques suscitées par les dispositifs d'éducation à l'innovation technologique responsable. Le dispositif peut servir d'analyseur des conditions de possibilité de l'éducation à l'innovation technologique responsable.

Mots-Clés : Innovation technologique responsable ; Éducation technologique ; Dispositif ;
Revue systématique.

Les dispositifs d'éducation à l'innovation technologique responsable (ITR)

Des analyseurs des conditions de possibilité de l'ITR

Symposium de rattachement : L'éducation à l'innovation technologique responsable. Attentes sociétales, prescriptions curriculaires et dispositifs

Penser les dispositifs d'éducation à l'innovation technologique responsable

Impulsée par les programmes cadres européens successifs (Commission Européenne, 2020, 2010), l'innovation a émergé comme un enjeu important des programmes éducatifs dans les pays membres. Toutefois, cette montée en puissance de l'innovation n'a pas été sans susciter des débats et des critiques, dans le contexte de la transition écologique et sociale, menant à l'émergence de discours appelant à une réévaluation des modèles prédominants de production de l'innovation. Les limites planétaires en ressources mais aussi les conséquences néfastes sur les plans écologiques et sociaux d'une course à l'innovation donnent du crédit à l'idée d'une transition vers une « innovation technologique responsable », dans le sillon de l'innovation et la recherche responsables (Stilgoe et al., 2013).

Dans ce contexte, l'éducation technologique se retrouve en première ligne pour construire chez les élèves, dès le jeune âge, une culture de l'innovation, en favorisant la compréhension de son impact et en encourageant une contribution responsable au développement technologique. Les modalités d'enseignement y consistant, souvent, en des dispositifs centrés sur des objets ou systèmes technologiques. En effet, en tant qu'enseignement présent de l'école primaire au lycée, l'éducation technologique permet d'aborder de manière privilégiée les notions clés liées à l'innovation, pouvant ainsi jeter les bases d'une réflexion approfondie sur l'innovation technologique responsable.

La notion d'Innovation Responsable a vu ses acceptions évoluer tant dans les discours politiques de recherche et d'innovation que dans ceux de la formation. Le caractère responsable impliquerait, ainsi, un processus d'innovation attentif aux valeurs et aux normes sociales (Stilgoe et al. 2013 ; European Commission, 2017 ; Owen et al. 2013), inclusif de tous les acteurs concernées et ouvert sur les grands enjeux environnementaux (European Commission, 2012). L'Innovation Responsable constitue aujourd'hui un nouveau marqueur de la société moderne (Godin 2008) et un cadre pour interroger la manière dont l'innovation technologique doit être orientée au regard des grands enjeux sociétaux et leurs implications particulières. En vue de s'en saisir d'un point de vue didactique, il s'agira, dans le cadre de cette recherche, d'interroger le sens de la technologie que suppose la notion d'innovation technologique et la manière dont cette interprétation de la technologie affecte la façon dont on innove aujourd'hui, qui plus est, de manière responsable (Schomberg, Blok, 2019). C'est tout le sens de la revue de littérature qui sera développée dans la suite.

Quant à la notion de dispositif, elle recouvre ici deux acceptions liées. D'une part, dispositif renvoie au prescrit, un réseau hétérogène de composants humains, matériels et symboliques, doté d'une stratégie définie, d'un lieu spécifique (une institution), d'une désignation et d'une conscience de soi (De Certeau, 1990). D'autre part, il renvoie l'appropriation par les acteurs du dispositif prescrit, en représentation et en acte, impliquant son adaptation ou son détournement. Cette dualité offre une perspective riche

Dispositifs dans l'éducation à l'ITR pour explorer les dynamiques didactiques suscitées par les dispositifs d'éducation à l'innovation technologique responsable. Le dispositif peut servir d'analyseur des conditions de possibilité de l'éducation à l'innovation technologique responsable.

Une revue de littérature centrée sur les dispositifs de l'ITR

À travers une revue systématique de la littérature, notre étude a scruté les dispositifs d'éducation à l'innovation technologique responsable, tels qu'évoqués dans la littérature scientifique allant de 2017 à nos jours. Notre choix de point de départ repose sur une revue de la littérature antérieure proche tant sur le plan disciplinaire que du point de vue de la problématique traitée.

Les dispositifs sélectionnés englobent des programmes de formation déployés dans un cadre éducatif, peu importe le niveau qu'ils concernent (primaire, secondaire ou supérieur), même si ceux se positionnant sur les segments primaire et secondaire retiennent particulièrement notre attention. Ils émergent aussi bien de démarches locales que de projets d'envergure impliquant souvent des initiatives internationales telles que l'Union européenne.

La méthode PRISMA¹ a servi de guide à cette recherche. Nous avons exploré 8 bases de données, utilisant des mots-clés centrés sur l'innovation technologique responsable, incluant des expressions du champ lexical du contexte scolaire². Parmi les 721 articles initialement rassemblés, 199 ont été jugés éligibles après la phase de sélection. À la suite d'un examen minutieux conformément aux critères d'inclusion, seuls 42 articles ont été retenus pour intégration dans notre analyse.

Une grille de lecture a servi à l'analyse exhaustive de chaque article retenu. Plusieurs dimensions structurent cette grille : la problématique centrale de chaque publication, le contexte dans lequel le dispositif éducatif s'inscrit, l'identification de l'élément déclencheur à l'origine de la proposition, le niveau scolaire ciblé, les actions de formation suggérées, le champ disciplinaire, les concepts théoriques mobilisés, la méthodologie employée, les résultats obtenus et les termes et concepts spécifiquement liés à l'innovation. Pour garantir la rigueur de notre démarche, cette revue de littérature a impliqué la collaboration de quatre chercheurs, instaurant un processus inter-juges visant à renforcer la reproductibilité des résultats et la fiabilité des analyses.

Résultats et discussion

Le contexte géographique dans lequel les dispositifs s'inscrivent indique une surreprésentation significative des recherches sur l'innovation technologique responsable menées dans les pays d'Europe de l'Ouest et aux États-Unis. Cette observation souligne cependant une disparité géographique marquée dans les initiatives éducatives concernant l'ITR. De plus, l'enseignement supérieur est le niveau scolaire où se concentrent le plus d'actions de formation suggérant que les efforts pour promouvoir l'innovation responsable sont principalement déployés dans les niveaux de formation les plus avancés³.

¹ Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (

² Les mots clefs utilisés sont structurés selon l'expression booléenne suivante : « responsable innovation » OR « responsible research and innovation » AND « education » OR « school » OR « teaching ».

³ Toutefois, ce sont les initiatives portées dans le secondaire et le primaire qui retiendront le plus notre attention dans le cadre de ce travail de recherche.

L'exploration du corpus dévoile une diversité de dispositifs, variant en taille et en moyens. Les projets européens, axés sur la "responsible and research innovation" (RRI), apparaissent comme étant l'élément déclencheur le plus commun. Les dispositifs examinés mettent en avant plusieurs modes d'actions de formation, parmi eux plusieurs proposent des activités clés en main destinées aux enseignants, facilitant ainsi la reproduction fidèle de situations d'enseignement-apprentissage. L'implication active des enseignants dans ces dispositifs permet une adaptation judicieuse des activités aux spécificités de leurs contextes éducatifs respectifs. Cette constatation souligne qu'une approche flexible a été perçue et utilisée comme un levier pour favoriser une mise en œuvre efficace des dispositifs éducatifs liés à l'innovation technologique responsable.

L'inclusion marquée des parties prenantes, catégorie récurrente de l'ITR, est un trait saillant de plusieurs dispositifs étudiés. Au sein de ces initiatives, les membres des communautés éducatives et les étudiants sont activement encouragés à partager leurs connaissances avec des acteurs externes. Cette démarche vise à favoriser la diffusion du savoir et à infuser l'innovation technologique responsable dans la société. En instaurant des collaborations intersectorielles, ces dispositifs cherchent à créer une dynamique où l'éducation à l'innovation technologique responsable transcende les frontières institutionnelles pour influencer positivement le tissu social.

Plusieurs concepts sont mis en avant par rapport à l'ITR. Parmi ceux-ci, ressort l'interdisciplinarité émergeant comme un caractère valorisé de l'éducation à l'innovation responsable. Les dispositifs examinés révèlent une présence marquée des disciplines constituantes des STEM. Les liens tissés entre les sciences humaines et l'ingénierie ressortent également de l'analyse des dispositifs.

Enfin un point marquant émerge de cette étude : l'opposition entre les dispositifs axés sur des objets techniques "low tech" et ceux se concentrant sur des objets techniques "high tech". Cette divergence suggère deux visions distinctes de l'innovation technologique responsable allant du technosolutionisme aux perspectives de durabilité fortes (Figuière et al., 2018). Cette dualité reflète les tensions internes à la définition de l'innovation technologique responsable, appelant à une réflexion approfondie sur les implications éthiques de ces deux approches divergentes.

Conclusion

Les dispositifs, déjà en place, peuvent offrir des perspectives riches pour comprendre comment l'innovation technologique responsable est concrètement intégrée dans les pratiques éducatives. Diverses approches de l'innovation technologique responsable se dégagent également à travers les objets mobilisés en classe, révélant des visions distinctes de cette forme d'innovation technologique. De plus, certaines zones géographiques restent sous-représentées en termes de connaissances sur l'innovation technologique responsable, ou n'ont pas encore intégré cette notion. Ces zones offrent un terrain fertile pour de futures explorations, permettant de mieux appréhender les dynamiques régionales et les variations dans la mise en œuvre de l'innovation technologique responsable à l'échelle mondiale. Cette revue de littérature présente certaines limites qu'il convient de prendre en considération. Tout d'abord, la grille d'analyse utilisée est centrée sur les dispositifs ce qui pourrait certainement être complété par des revues de littérature complémentaires. De plus, le domaine de l'éducation à l'innovation technologique responsable est en évolution constante et rapide. Par conséquent, une nouvelle revue de littérature ultérieure pourrait

Dispositifs dans l'éducation à l'ITR révéler les mutations et les développements survenus dans ce domaine au-delà de l'empan temporel de la présente revue. Par ailleurs, une meilleure compréhension des dispositifs en lien avec l'ITR permet de se projeter sur deux axes de réflexion en particulier. Tout d'abord, il sera possible de progresser dans l'élaboration d'une grille d'analyse des pratiques éducatives existantes en lien avec l'ITR. Ces pratiques, invisibles pour la recherche sans investigations, pourraient être explorées plus profondément grâce à des études de terrain. Ensuite, ces avancées pourraient sous-tendre des principes d'action à destination des acteurs intervenant en éducation technologique.

Bibliographie

- Akrich, M. (2006). La description des objets techniques. *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, 159-178.
- Commission Européenne. (2020). *Strategic Plan 2020-2024 DG RESEARCH AND INNOVATION*.
https://commission.europa.eu/system/files/2020-11/rtd_sp_2020_2024_en.pdf
- Commission Européenne. (2010, mars 3). *EUR-Lex—52010DC2020—FR* [Text/html; charset=UTF-8]. OPOCE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52010DC2020>
- De Vries, M. J. (2012). Philosophy of technology. In *Technology education for teachers* (p.15-33). Brill. <https://brill.com/downloadpdf/book/9789462091610/BP000003.pdf>
- de Certeau, M. (1990). *L'invention du quotidien*.
- Figuière, C., Boidin, B., & Diemer, A. (2018). *Économie politique du développement durable*. De Boeck Supérieur. https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=FhReDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Figui%C3%A8re+%C3%89conomie+politique+du+d%C3%A9veloppement+durable&ots=t7NCIP1xR2&sig=8f12N_ip0m-C9ECu4OLf310Cfe0
- Latour, B. (2012). *Enquête sur les modes d'existence : Une anthropologie des modernes*. La découverte Paris. <https://platform.almanhal.com/Files/Articles/109788>
- Simondon, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. <https://philpapers.org/rec/SIMDMD-2>
- Stilgoe, J., Owen, R., & Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42(9), 1568-1580. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>
- Vincenti, W. G. (1990). *What engineers know and how they know it* (Vol. 141). Baltimore: Johns Hopkins University Press. <https://cache.fluxo.info/data/43/fd/43fd869e20dd2bd5981913825ac4b9bbacaec441/screenshot.pdf>

Construire des points de vue partagés et des savoirs de métier sur une éducation à l'innovation technologique responsable dans le cadre d'une communauté discursive de pratiques professionnelles

Patrick Roy¹, Delphine Schumacher¹, Anja Küttel¹, Hélène Kolly¹, Marie-Laure Wicht¹

1 : Haute école pédagogique Fribourg, Suisse

Résumé

Cette contribution s'inscrit dans le cadre d'un projet financé par Swissuniversities où nous avons mis en place une Communauté Discursive de Pratiques Professionnelles (CDPP) sous le format d'une ingénierie didactique coopérative afin d'engager un collectif d'acteurs dans la conception coopérative de dispositifs d'enseignement-apprentissage dans une perspective d'éducation à l'innovation technologique responsable (EITR). L'analyse des pratiques langagières des séances plénières des 2 dernières années, sous l'angle de la schématisation des objets de discours et des sujets de discours, met en évidence le développement de la capacité des acteurs à mobiliser des systèmes d'outils culturels et sémiotiques pour construire des points de vue partagés sur des concepts ou des situations en lien avec une EITR au fur et à mesure de l'avancement de la CDPP, et le potentiel de cette communauté pour l'acquisition de certains savoirs de métier dans ce domaine de connaissance.

Mots-Clés : Ingénierie didactique coopérative ; Communauté discursive de pratiques professionnelles ; Anthropocène ; Éducation à l'innovation technologique responsable ; Analyse de pratiques langagières ; Développement professionnel des enseignants.

Construire des points de vue partagés et des savoirs de métier sur une éducation à l'innovation technologique responsable dans le cadre d'une communauté discursive de pratiques professionnelles

Symposium de rattachement : L'éducation à l'innovation technologique responsable : attentes sociétales, prescriptions curriculaires et dispositifs, sous la direction d'Abdelkarim Zaid (Université de Lille) et de Patrick Roy (Haute école pédagogique Fribourg)

Introduction

Dans le contexte actuel de l'anthropocène où l'humain est confronté à « des changements globaux inédits, qui ne sont que la résultante de son activité industrielle et de la puissance de son empreinte écologique » (Delord, 2019, p. 13), le pari sur les solutions technicistes pour sauver la planète ne fait plus consensus. Cette « grande accélération » de l'altération anthropique du système Terre (Rosa, 2017) est particulièrement alimentée par les technosciences (Albe, 2009) dont la dynamique de leur développement incessant commandé par le progrès technique, et leurs usages engendrent des conséquences plus ou moins prévisibles sur l'environnement. Face à cet emportement technologique, plusieurs plaident en faveur d'une innovation technologique responsable (ITR) ou d'une approche de recherche et d'innovation responsable (Fisher & Rip, 2013 ; Owen et al., 2012). Dans ce monde et cet avenir problématique (Fabre, 2021), nous soulignons l'importance de « construire une culture technologique en cohérence avec les défis globaux auxquels doivent faire face les futures générations dans le contexte actuel de l'anthropocène » (cf. texte de cadrage), et en particulier, sur la nécessité d'inscrire l'Éducation à l'Innovation Technologique Responsable (EITR) (Zaid, 2017) parmi les principales finalités éducatives des curriculums.

Cette contribution s'inscrit dans le cadre d'un projet financé par Swissuniversities où nous avons mis en place une Communauté Discursive de Pratiques Professionnelles (CDPP) (Marlot & Roy, 2020) sous le format d'une ingénierie didactique coopérative (Morales et al., 2017), afin d'engager un collectif d'acteurs (chercheurs didacticiens, ingénieurs et étudiants en ingénierie, architectes, collaborateurs pédagogiques et scientifiques et enseignants de l'école obligatoire) dans la conception coopérative de dispositifs d'enseignement-apprentissage et de dispositifs de formation continue d'enseignants de l'école obligatoire dans une perspective d'EITR. L'écoquartier a été retenu comme thème fédérateur pour deux principales raisons. D'une part, pour la pluralité des enjeux sociotechniques qu'il véhicule au sein de la société. En effet, dans le contexte actuel du changement climatique et de l'importante croissance démographique de la Suisse, la Confédération helvétique encourage une [culture du bâti pour une société durable](#). D'autre part, pour son potentiel à engager les élèves dans des démarches d'enquête s'inscrivant dans une perspective d'EITR, en se focalisant notamment sur des approches de problématisation et de modélisation interdisciplinaires.

Cadre conceptuel

La préoccupation commune des acteurs de la CDPP consiste à construire et mettre à l'épreuve des dispositifs permettant de faire entrer les élèves dans un Nouveau Monde, que nous appelons le « monde scolaire acculturé », constitué de pratiques et de situations de classe pouvant faire office d'« exemples emblématiques » (Morales et al., 2017) d'une EITR.

Nous postulons que l'accession à ce Nouveau Monde nécessite de la part des enseignants qu'ils acquièrent les « savoirs de métier » (savoirs à enseigner, savoirs pour enseigner et savoirs réflexifs) (Brière & Simonet, 2021) nécessaires selon un « modèle émancipateur et donc critique, impliquant un étayage par des modèles scientifiques, des débats, et acceptant, tout en cherchant à la réduire, l'incertitude intrinsèque de l'avenir » (Lange, 2020, p. 28).

Dans ce contexte, les savoirs d'action des enseignants mobilisés dans des pratiques et situations de classe caractérisées par des formes scolaires traditionnelles (Barthes & Alpe, 2017) s'avèrent inopérants. Ceux-ci doivent être enrichis de savoirs savants (légitimés par des communautés scientifiques des sciences de l'éducation, de l'ingénieur...) et de savoirs experts issus des pratiques sociales de référence à travers des éclairages épistémologiques, épistémologiques et didactiques apportés par les chercheurs didacticiens et les ingénieurs. Ainsi, nous posons le cadre des quatre mondes pour penser la manière d'acter la coopération (partage et circulation des savoirs) (Lyet, 2011) entre les acteurs autour d'une EITR. Ce Nouveau Monde se situe à l'interface de trois mondes (scolaire ordinaire, conceptuel et professionnel) constitués de pratiques et de savoirs issus de différents registres (Johsua, 1998) (figure n°1).

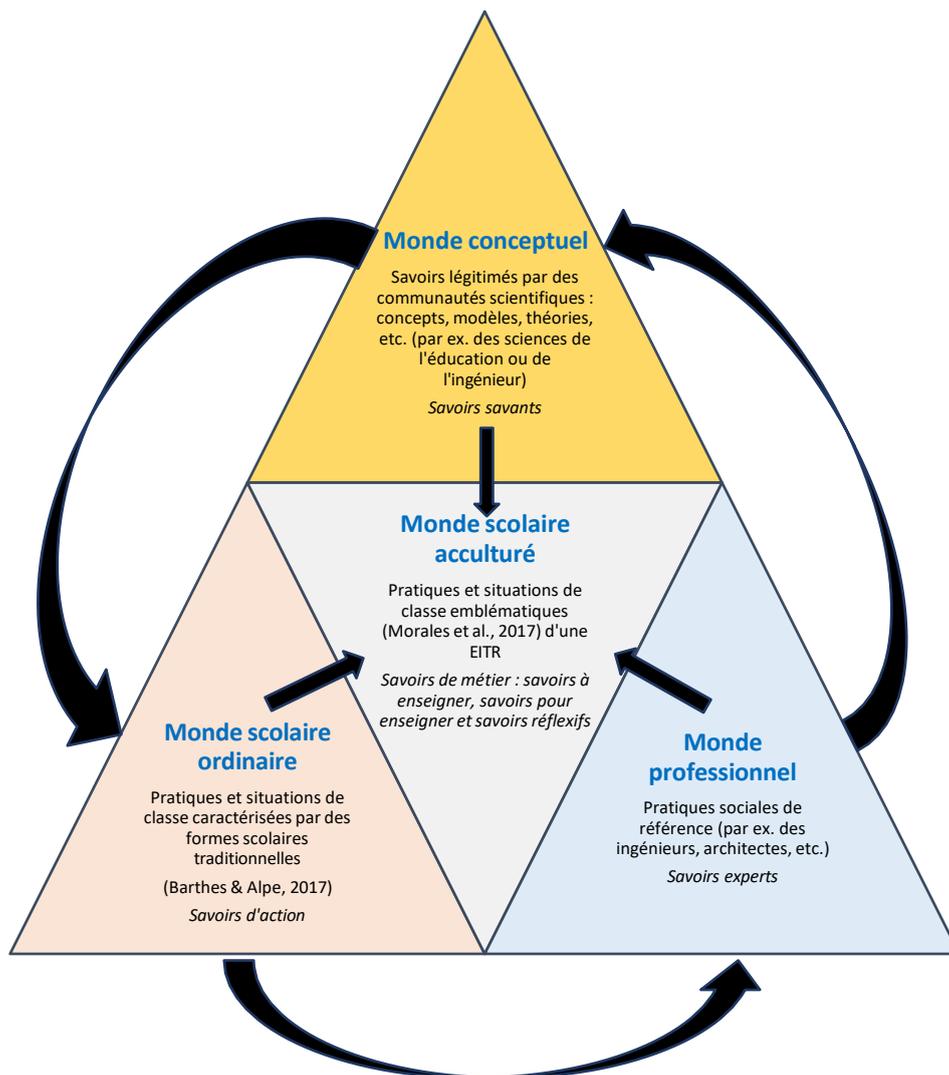


Figure n°1 : Cadre des quatre mondes pour penser la manière d'acter la coopération entre des acteurs autour d'une EITR

Pour faire acquérir des « savoirs de métier » (Brière & Simonet, 2021) aux enseignants, nous les engageons dans un processus de « problématisation de la pratique » (Prével, 2018) par le biais de différentes activités formatives/réflexives se déployant dans les différentes phases de la CDPP (figure n°2).

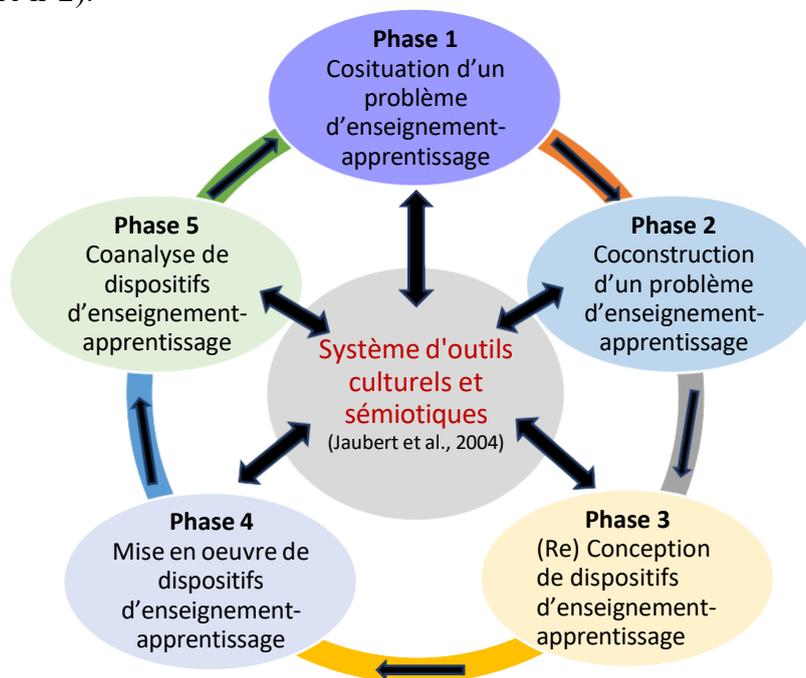


Figure n°2 : Modélisation du fonctionnement de la CDPP avec le système d'outils culturels et sémiotiques

Ce processus vise à favoriser la reconceptualisation et la réinterprétation de l'activité des enseignants au moyen de certains « outils culturels et sémiotiques » (Jaubert et al., 2004) ayant la capacité de nourrir leurs épistémologies pratiques en cohérence avec un monde scolaire acculturé. Ces outils qui prennent ancrage dans les mondes conceptuel et professionnel sont partagés aux (et aussi coconstruits avec les) enseignants de manière qu'ils puissent façonner leur activité (Vygotski, 1994/1925) et en retour, avoir la possibilité de les transformer (Wirthner & Schneuwly, 2004). Parmi ceux-ci, soulignons les suivants :

1. La démarche d'investigation interdisciplinaire pour une éducation en vue d'un développement durable dans une perspective d'instruction et de socialisation émancipatrice (Roy & Gremaud, 2017) ;
2. Les configurations didactiques de l'approche interdisciplinaire (Roy et al., 2019) ;
3. Les dimensions constitutives de la problématisation (Fabre, 1999) afin de garantir la pertinence d'une situation problématisante selon les pôles épistémologique, psychologique et social ;
4. La « matrice interdisciplinaire » (Gremaud & Roy, 2017) comme outil pour représenter l'îlot de rationalité (Fourez et al., 2002) d'une situation problématisante en termes de savoirs et de questions fécondes ;
5. Divers outils dédiés spécifiquement à l'acculturation des élèves aux manières « d'agir-parler-penser » (Jaubert et al., 2004) de spécialistes engagés dans la conception d'un écoquartier, par exemple le master plan de l'architecte, des processus de conception technique ou de design.

En s'appuyant sur ces systèmes d'outils, les acteurs s'investissent dans les différentes phases de la CDPP selon un processus itératif en adoptant une posture ingénierique. Sur le plan

épistémique, la problématisation de la pratique implique une « reproblématisation des savoirs » (Martinand, 2000) des uns et des autres dans le contexte spécifique d'une activité (Derouet, 2002, p. 15) : « un savoir est construit dans une sphère et en fonction des enjeux de cette sphère. Pour faire sens dans une autre sphère, il doit partiellement être déconstruit et reconstruit en fonction des enjeux du nouveau contexte ». Ce processus provoque une « circulation des savoirs » (Marlot, 2020) (d'action, savants et experts) en faisant emprunter volontairement aux savoirs des voies pour interagir et construire des points de vue (PDV) partagés sur les « objets d'investigation » (Bednarz et al., 2015) en jeu dans la CDPP. En tant qu'expert de sa propre pratique professionnelle, chacun des acteurs réfléchit et agit avec les savoirs qui sont les siens et fait en sorte que ses savoirs puissent se confronter à ceux des autres et se recomposer en de nouveaux savoirs opérants dans le contexte d'une EITR (Dugal & Léziort, 2004), dont une part prend la forme de savoirs de métier. De ce cadre conceptuel découle la question de recherche suivante : *En quoi la communauté discursive de pratiques professionnelles permet-elle une construction de points de vue partagés et de savoirs de métier sur une éducation à l'innovation technologique responsable ?*

Méthodologie

Méthode de collecte des données

Le corpus de données est constitué principalement d'une dizaine de séances plénières de la CDPP d'environ deux heures chacune menées avec les divers acteurs au cours des deux dernières années. Ces séances poursuivent des intentions spécifiques comme introduire des « outils culturels et sémiotiques », planifier des dispositifs d'enseignement-apprentissage sur la base de ces outils ou procéder à des analyses réflexives de dispositifs. Elles ont fait l'objet d'enregistrements vidéo et audio et d'une transcription intégrale sous la forme de verbatims.

Méthode d'analyse des données

Nous mobilisons le cadre de l'interactionnisme sociodiscursif (Bronckart, 2009) qui se focalise sur le rôle que jouent les pratiques langagières dans le développement des « schèmes d'action » des acteurs (Pastré et al., 2006) lorsqu'ils produisent des énonciations dans des contextes spécifiques. Lors des séances plénières de la CDPP, les acteurs sont engagés dans une activité de sémiologie au sein de laquelle ils énoncent et construisent des points de vue (PDV) particuliers sur différents objets de discours. Nous analysons cette activité énonciative sous l'angle de la schématisation des objets de discours (OD) (sur quoi porte le discours ?) et des sujets de discours (SD) (qui parle de ces objets et selon quel(s) PVD ?) (Miéville, 2014). L'intégralité des données des séances plénières de la CDPP a fait l'objet d'une analyse à deux échelles de granularité. À une échelle mésoscopique, un découpage thématique en unités de sens a permis de sélectionner les « événements remarquables » (Leutenegger, 2009), en termes d'OD portant sur des aspects épistémiques, épistémologiques ou didactiques d'une EITR, et structurant les interactions discursives des acteurs tout au fil des séances. À une échelle microscopique, une analyse microdidactique (Ligozat, 2015) a permis de caractériser plus finement ces événements en identifiant les PDV spécifiques qu'adoptent les acteurs en lien avec ces OD. Tout en prenant en compte la nature interdiscursive de l'activité énonciative (les énonciations produites portent souvent la trace d'autres acteurs) (Miéville, 2014), nous avons veillé à formuler les PDV de manière synthétique et générique (applicabilité à plusieurs situations). Pour chacun des OD identifiés, nous nous sommes intéressés à : 1) la nature des PDV formulés par les acteurs en lien avec les outils culturels et sémiotiques partagés au sein de la CDPP ; 2) leur organisation structurelle en caractérisant leurs relations logiques mutuelles selon le niveau de complexité

des mises en relation (avec 1, 2 ou 3 autres OD) ; 3) la prise en charge de ces PVD par les acteurs en distinguant les PVD adoptés par une, deux ou trois catégories d'acteurs (ENS-enseignant, CH-chercheur ou ING-ingénieur) afin de mettre en exergue le degré de significations partagées entre eux. Les résultats ont été condensés dans des matrices synoptiques (dont l'espace ne permet pas de les présenter ici). Par ailleurs, nous avons identifié les « objets de discours relatifs à l'analyse des situations d'enseignement qui peuvent se transformer en objets de dialogues, dont une part représente des savoirs de métier » (Brière & Simonet, 2021, p. 52).

Résultats

Les analyses des séances plénières de la CDPP montrent que les interactions discursives entre les acteurs sont organisées autour d'une dizaine d'objets de discours (OD) autour desquels 125 PDV ont émergé. La moitié des PDV formulées par les acteurs établissent des relations logiques entre plusieurs OD, ce qui témoigne de leur capacité à mobiliser des systèmes d'outils culturels et sémiotiques pour s'exprimer sur des concepts, processus ou situations en lien avec une EITR. La prise en charge des PDV par les acteurs varie selon les OD et le tiers des OD est partagé par 2 ou 3 catégories d'acteurs. Dans la mise en œuvre des processus de conception techniques (PCT), les CH et les ING plaident auprès des ENS sur l'importance d'amener les élèves à mieux définir les problèmes technologiques avant de s'engager dans la recherche de solutions. Ils suggèrent que la problématisation de l'écoquartier devrait se focaliser davantage sur des problématiques de durabilité comme celles de mobilité, d'énergie ou de biodiversité. Dans ce processus, les ING insistent sur l'importance que les élèves puissent mobiliser certains savoirs issus de leurs pratiques sociales de référence, sans quoi les problématiques risquent d'être traitées superficiellement. Quant aux ENS et aux CH, ils insistent sur l'importance de proposer des situations problématisantes d'actualité qui font sens aux élèves. À ce sujet, certains ENS engagent leurs élèves dans une analyse comparative de leur quartier avec d'autres écoquartiers, situés dans des villes à proximité de leur école. Afin de donner sens au PCT, des schémas sont présentés, explicités, et accompagnés d'exemples de situations du monde professionnel, en particulier de l'expérience concrète des ING, en plus d'être mis en écho avec les pratiques d'enseignement des ENS. Afin de garantir le caractère authentique de l'activité de conception (Martinand, 2003), l'idée d'acculturer les élèves aux manières de penser-parler-agir (Jaubert et al., 2004) de spécialistes engagés dans la conception d'un écoquartier est introduite progressivement par les CH. Ainsi, ENS, CH et ING reconnaissent l'intérêt de faire en sorte que les élèves puissent s'investir dans des rôles socioprofessionnels (ingénieur, architecte, etc.) lors de la conception collective de leur écoquartier. Cependant, les ENS soulignent que l'endossement de ces rôles par les élèves n'est pas simple en raison de leur méconnaissance des métiers et d'une rupture avec leur contrat classique d'élèves en classe. Sur le plan des savoirs de métier élaborés par les enseignants au sein de la CDPP, nous avons identifié des savoirs pour problématiser des situations authentiques et engager les élèves dans des démarches d'enquête sur le terrain, où ceux-ci sont appelés à collecter et traiter des données afin de produire des solutions impliquant plusieurs formes de modélisation (schématique, virtuelle et physique) d'un écoquartier.

Conclusion et discussion

Les résultats de nos analyses, encore partiels, mettent en évidence que la construction d'un « espace interprétatif partagé de significations » (Ligozat & Marlot, 2016) autour d'un monde scolaire acculturé d'une EITR se fait progressivement, sachant que chacun des acteurs dispose de sa propre « épistémologie pratique » (Sensevy, 2007) (théorie d'action à usage

professionnel) par rapport à celui-ci. Au fur et à mesure de l'avancement de la CDPP dans le temps, nous avons observé une augmentation à la fois dans le degré de complexité et le degré de partage des PDV formulés par les acteurs en lien avec les différents OD, et ce, en appui sur les systèmes d'outils culturels et sémiotiques transmis par les CH et les ING. L'idée sous-jacente au « monde scolaire acculturé » fait écho au concept de « pratiques sociotechniques de référence » développé par Lebeaume (2001) pour imaginer la transposition didactique des pratiques techniques expertes en des pratiques techniques scolairement organisées, en prenant en compte le double caractère – social et technique – de ces pratiques pour faisant endosser des rôles sociotechniques aux élèves (Martinand & Kéradec, 2018). En entrant dans ce Nouveau Monde, les ENS peuvent ainsi adopter une distanciation critique par rapport aux formes scolaires traditionnelles (Barthes & Alpe, 2017). Une analyse des pratiques d'enseignement de deux enseignants volontaires en appui sur le cadre de l'action conjointe en didactique (Schubauer-Leoni, 2008 ; Sensevy, 2007) reste à réaliser afin d'identifier les savoirs de métier effectivement mis en œuvre dans le système didactique de la classe.

Bibliographie

- Albe, V. (2009). *Enseigner des controverses*. Presses universitaires de Rennes.
- Barthes, A., & Alpe, Y. (2017). Les « éducations à », une remise en cause de la forme scolaire ? *Carrefours de l'éducation*, 3, 23- 37.
- Bednarz, N., Rinaudo, J.-L., & Roditi, É. (2015). La recherche collaborative. *Carrefours de l'éducation*, 39(1), 171- 184.
- Brière, F., & Simonet, P. (2021). Développement professionnel et co-construction de savoirs de métier d'étudiants stagiaires dans l'activité conjointe avec le formateur-chercheur : Analyses didactique et clinique de l'activité d'auto-confrontation croisée. *Éducation et didactique*, 15- 1, 49- 76.
- Bronckart, J.-P. (2009). Apprentissage et développement dans la perspective de l'interactionnisme socio-discursif. *eJRIEPS. Ejournal de la recherche sur l'intervention en éducation physique et sport*, 18.
- Delord, J. (2019). Enseigner l'Anthropocène avec Simondon. *Revue Francophone du Développement Durable*, 7, 13- 45.
- Derouet, J.-L. (2002). Du transfert à la circulation des savoirs et à la reproblématisation. De la circulation des savoirs à la constitution d'un forum hybride et de pôles de compétences. Un itinéraire de recherche. *Recherche & formation*, 40(1), 13- 25.
- Dugal, J.-P., & Léziort, Y. (2004). La circulation des savoirs entre recherche et formation : L'exemple des concepts didactiques lors d'une action de formation de conseillers pédagogiques. *Revue française de pédagogie*, 37- 47.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Presses universitaires de France.
- Fabre, M. (2021). *Un avenir problématique*. Raisons et Passions.
- Fisher, E., & Rip, A. (2013). Responsible Innovation: Multi- Level Dynamics and Soft Intervention Practices. In R. Owen, J. Bessant, & M. Heintz (Éds.), *Responsible Innovation* (1^{re} éd., p. 165- 183). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118551424.ch9>
- Fourez, G., Maingain, A., & Dufour, B. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. De Boeck Université.
- Gremaud, B., & Roy, P. (2017). La matrice interdisciplinaire d'une question scientifique socialement vive comme outil d'analyse a priori dans le processus de problématisation. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 22, 125-

- Jaubert, M., Rebière, M., & Bernié, J.-P. (2004). Significations et développement : Quelles « communautés ». In C. H. Moro & R. Rickenmann (Éds.), *Situation éducative et significations* (p. 85- 104). De Boeck Université.
- Johsua, S. (1998). Des « savoirs » et de leur étude : Vers un cadre de réflexion pour l'approche didactique. In *L'année de la recherche en sciences de l'éducation* (Presses universitaires de France, p. 1- 15).
- Lange, J.-M. (2020). *Repères pour l'enseignement et la formation des enseignants à l'ère de l'anthropocène*. Octarès éditions.
- Lebeaume, J. (2001). Pratiques socio-techniques de référence, un concept pour l'intervention didactique : Diffusion et appropriation par les enseignants de technologie. In A. Rouchier, G. Lemoyne, & G. Mercier (Éds.), *Le génie didactique. Usages et mésusages des théories de l'enseignement* (p. 127- 142). De Boeck Universités.
- Leutenegger, F. (2009). *Le temps d'instruire : Approche clinique et expérimentale du didactique ordinaire en mathématique*. Peter Lang.
- Ligozat, F. (2015). L'analyse didactique des pratiques de classe : Outils et démarches d'identification des logiques d'action enseignantes en mathématiques. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 18, 17- 37.
- Ligozat, F., & Marlot, C. (2016). Un espace interprétatif partagé entre l'enseignant et le didacticien est-il possible ? Développement de séquences d'enseignement scientifique à Genève et en France. In F. Ligozat, M. Charmillot, & A. Muller (Éds.), *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation* (p. 143- 164). De Boeck Supérieur.
- Lyet, P. (2011). Traduction, transaction sociale et tiers intermédiaire dans les processus de collaboration de chercheurs et de praticiens dans le cadre de recherches-actions. *Pensée plurielle*, 3(28), 49- 67.
- Marlot, C. (2020). Les enjeux de la circulation des savoirs. In C. Marlot & M. Ducrey (Éds.), *La circulation des savoirs de la recherche en didactique(s) entre les espaces de l'enseignement, de la recherche et de la formation*. (Formation et pratiques d'enseignement en questions : revue des HEP de Suisse romande et du Tessin, 26.)
- Marlot, C., & Roy, P. (2020). La Communauté Discursive de Pratiques : Un dispositif de conception coopérative de ressources didactiques orienté par la recherche. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 26, 163- 183.
- Martinand, J.-L. (2000). *Production, circulation et reproblématisation des savoirs*. Colloque international de sciences de l'éducation tes pratiques dans l'Enseignement Supérieur, Université de Toulouse le Mirail, France. 2-4 octobre.
- Martinand, J.-L. (2003). La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 125- 130.
- Martinand, J.-L., & Kéradec, H. (2018). Pratiques sociales de références et autres concepts. *Économie & management*, 168, 68- 73.

- Miéville, D. (2014). La logique naturelle, qu'est-ce, et pour qui, et pourquoi ? *TrajEthos*, 3(1), 45- 57.
- Morales, G., Sensevy, G., & Forest, D. (2017). About cooperative engineering: Theory and emblematic examples. *Educational Action Research*, 25(1), 128- 139.
- Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and public policy*, 39(6), 751- 760.
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 154, 145- 198.
- Prével, S. (2018). Problématiser la pratique enseignante pour mieux la comprendre : Études de cas en sports collectifs à l'école maternelle. *Les Sciences de l'éducation- Pour l'Ere nouvelle*, 51(3), 101- 123.
- Rosa, H. (2017). *Aliénation et accélération : Vers une théorie critique de la modernité tardive*. La découverte.
- Roy, P., & Gremaud, B. (2017). Une démarche d'investigation interdisciplinaire pour traiter des problématiques d'EDD dans une perspective d'instruction et de socialisation émancipatrice. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 22, 99- 123.
- Roy, P., Schubnel, Y., Schwab, C. (2019). Les représentations de la pratique interdisciplinaire chez de futurs enseignants suisses du primaire. *Recherches en didactique des sciences et technologies (RDST)*, 19, 49- 85.
- Schubauer-Leoni, M.-L. (2008). La construction de la référence dans l'action conjointe professeur-élève. In N. Wallian, M. P. Poggi, & M. Musard (Éds.), *Co-construire des savoirs : Les métiers de l'intervention par les APSA* (p. 67- 86). PUFC.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (p. 13- 49). Presses universitaires de Rennes.
- Vygotski, L. S. (1925). La conscience comme problème de la psychologie du comportement. *Conscience, inconscient, émotions*, 61- 94.
- Wirthner, M., & Schneuwly, B. (2004). Variabilité et contraintes dans la construction des significations d'un objet d'enseignement : L'effet d'un outil pour enseigner le résumé d'un texte informatif. In C. Moro & R. Rickenmann (Éds.), *Situation éducative et significations* (p. 107- 133). De Boeck & Larcier.
- Zaid, A. (2017). *Élaborer, transmettre et construire des contenus. Perspective didactique des dispositifs d'éducation et de formation en sciences et technologie* (Presses universitaires de Rennes). ENS Editions.

La place des savoirs didactiques dans les dispositifs collaboratifs

David Cross¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation, Université Paul-Valéry Montpellier 3, Université de Montpellier

Résumé

Ces dernières années, les recherches associant chercheurs et enseignants se sont multipliées en didactique des sciences. L'objet de ce symposium est d'interroger la place des savoirs didactiques au sein des dispositifs collaboratifs. Il s'agit, à partir d'une étude des postures d'accompagnement des chercheurs en didactique, d'instituer la recherche collaborative comme objet de recherche à partir de cinq communications présentant des contextes (type de dispositif et leviers pour favoriser les interactions entre chercheurs et enseignants) et des méthodes d'analyse variés.

La question transversale à ces communications concerne en particulier le processus de construction de significations partagées entre les acteurs en ce qui concerne certains savoirs didactiques, et plus généralement, les leviers et les obstacles à la circulation des savoirs entre enseignants et chercheurs dans les dispositifs collaboratifs. Cette réflexion pourrait ouvrir des perspectives sur la formation des enseignants.

Mots-Clés : Dispositif collaboratif ; Savoirs didactiques ; Accompagnement.

La place des savoirs didactiques dans les dispositifs collaboratifs

Communications

Communication 1

- Recherche collaborative : méthode ou objet de la recherche en didactique ?
Le cas du projet « résolution de problème en physique du collège au lycée »

Communication 2

- La métaconception dans une recherche collaborative : le cas du jeu de plateau Darwinium

Communication 3

- Circulation des savoirs de la didactique dans le contexte d'une communauté discursive de pratiques professionnelles en sciences à l'école primaire

Communication 4

- Développement professionnel d'un enseignant dans le cadre d'un dispositif de recherche collaborative en didactique de la chimie. Analyse en termes de compétences liées à l'évaluation et de pragmatisme/conceptualisation

Communication 5

- Construction et circulation de savoirs au sein du groupe d'animation et de professionnalisation « physique-chimie » à l'ENSFEA

Discutante

Isabelle Kermen

Présentation du symposium

Les recherches associant chercheurs et enseignants sont présentes depuis longtemps (Boilevin, 2013), cependant elles se sont multipliées ces dernières années en didactique des sciences. Ces recherches collaboratives ont des ancrages théoriques variés (Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015), mais ont en commun de « [voir] la participation des enseignants à la recherche comme une contribution essentielle au développement des connaissances liées à la pratique et, bien sûr, au développement de la pratique elle-même » (Desgagné et al., 2002 p.35). Si les enseignants peuvent poursuivre un objectif de formation ou de changement des pratiques, pour Allard et al., (2022), la participation des chercheurs est orientée vers la théorisation du travail collaboratif, tant du point de vue épistémologique, éthique que didactique, afin de développer des savoirs sur les manières et les raisons de travailler ensemble.

Ce symposium se propose d'interroger la place et la circulation des savoirs didactiques au sein de dispositifs collaboratifs au regard de leur diversité : projet collaboratif apparenté à la design based research (communication 1), activité de métaconception d'un jeu à visé éducative (communication 2), communauté discursive de pratiques professionnelles (communication 3), dispositif de recherche collaborative (communication 4) et groupe d'animation et de professionnalisation (communication 5).

Il s'agit, à partir d'une étude des postures d'accompagnement des chercheurs en didactique et des savoirs en jeu d'instituer la recherche collaborative comme objet de recherche.

En fonction des objectifs et des savoirs, les méthodes d'analyse des interactions entre les acteurs varient. La communication 1 repère des moments d'asymétrie entre chercheuses et enseignants concernant les savoirs didactiques mobilisés pour concevoir des situations d'enseignement. La communication 2 utilise des catégories établies *a priori* sur la base de travaux antérieurs afin d'identifier les concepts visés par un jeu (mécanismes évolutifs et hasard) et ceux intrinsèques au jeu. La communication 3 s'appuie sur une analyse des postures énonciatives des acteurs qui questionnent l'usage des représentations graphiques pour construire la notion de croissance. La communication 4 analyse des thèmes et des postures dans un dispositif en didactique de la chimie et enfin la communication 5 analyse des séminaires collaboratifs du point de vue de la nature des savoirs qui s'y construisent et s'y échangent.

Chacun de ces dispositifs collaboratifs s'appuie sur des leviers afin de favoriser des échanges productifs : un tableau numérique collaboratif pour partager des ressources numériques entre chercheurs et enseignants et la présence d'une facilitatrice dans la communication 1. Des retours d'utilisateurs (« geeks », enseignants et élèves) dans le dispositif de la communication 2. Un objet biface, qui comporte une face faisant écho à un concept théorique/didactique et une autre face faisant écho à une situation de classe dans la communication 3. Une réflexion et un travail sur l'évaluation des élèves à propos de la transformation chimique dans la communication 4 et des concepts permettant l'analyse de situations de classe issus de la théorie de l'action didactique conjointe et issus d'une réflexion collective sur l'épistémologie des savoirs à enseignés pour la communication 5.

La question transversale à ces communications concerne en particulier le processus de construction de significations partagées entre les acteurs en ce qui concerne certains savoirs didactiques, et plus généralement, les leviers et les obstacles à la circulation des savoirs entre enseignants et chercheurs dans les dispositifs collaboratifs au regard des savoirs en jeu. Cette réflexion pourrait ouvrir des perspectives sur la formation des enseignants.

Références

- Allard, C., Horoks, J., et Pilet, J. (2022). Principes de travail collaboratif entre chercheur·e·s et enseignant·e·s : Le cas du LéA RMG. *Éducation et didactique*, 16- 1, 49- 66. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.9644>
- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants : Regards didactiques*. De Boeck.

- Desgagné, S., Bednarz, N., Lebuis, P., Poirier, L., et Couture, C. (2002). L'approche collaborative de recherche en éducation : Un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation*, 27(1), 33- 64. <https://doi.org/10.7202/000305ar>
- Sanchez, É., et Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception : Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Éducation et didactique*, 9- 2, 73- 94. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2288>

Recherche collaborative : méthode ou objet de la recherche en didactique.

Le cas du projet « résolution de problème en physique du collège au lycée »

Karine Bécu-Robinault¹, Séverine Derolez¹

1 : Interactions, Corpus, Apprentissages, Représentations (ICAR), École Normale Supérieure de Lyon, Université Lumière Lyon 2, CNRS

Résumé

Cette communication prend pour objet d'étude le fonctionnement d'une recherche collaborative associant des enseignants de sciences physique et des chercheurs en didactique. Une précédente étude avait mis en évidence des difficultés pour les enseignants à mobiliser les résultats de la recherche en didactique. Il nous est donc apparu nécessaire d'améliorer la circulation des ressources et des savoirs issus de la recherche et de la pratique enseignante au sein du projet. La mobilisation d'un dispositif technique, couplé à un accompagnement humain, nous ont permis de modifier les formes d'interaction et de questionner les asymétries en termes de connaissances au sein du groupe afin de mettre en évidence si elles étaient des leviers ou des obstacles à la circulation des savoirs. Notre recherche donne à voir deux types d'asymétries intéressantes pour la recherche en didactique et dont la discussion peut constituer un levier à la circulation des savoirs issus de la recherche en didactique et de la pratique enseignante.

Mots-Clés : Recherche collaborative ; Physique ; Circulation des savoirs ; Dispositif technique ; Facilitation.

Recherche collaborative : méthode ou objet de la recherche en didactique ?

Le cas du projet « résolution de problème en physique du collège au lycée »

Symposium de rattachement : La place des savoirs didactiques dans les dispositifs collaboratifs

Contexte

Depuis 2016, nous animons un projet collaboratif dont l'enjeu est de concevoir des activités de résolution de problèmes en physique répondant à un ensemble d'hypothèses issues de la recherche en didactique des sciences. L'objectif des chercheuses est de mettre à l'épreuve de la pratique des résultats de la recherche afin de faire évoluer les savoirs de leur communauté. Pour les enseignants, l'objectif est de disposer de matériaux « clé en main », adaptés aux contraintes de leurs terrains d'exercice et dont la plus-value pour l'apprentissage est attestée par la recherche. Le processus de conception de situations d'enseignement et de recherches associées est itératif et les participants s'accordent sur des rôles initiaux qui évoluent au fil du projet en fonction des intérêts mais aussi des connaissances construites individuellement et collectivement sur l'enseignement et l'apprentissage des objets de savoirs en jeu dans les situations. Dans ce contexte, nous avons souhaité nous intéresser à la circulation des savoirs issus de la recherche et de la pratique.

Fonctionnement du projet : dispositifs techniques et humains

Bref historique

Les enseignants, dont certains ont déjà collaboré avec des chercheurs, exercent au lycée ou au collège. Deux chercheuses sont en didactique des sciences et une troisième en sciences cognitives. Pour pallier à l'impossibilité de réunir le groupe de travail en période de crise sanitaire, les chercheuses ont produit des documents afin que les enseignants conçoivent, en autonomie, de nouvelles situations. L'analyse de ces productions a montré que les savoirs didactiques exposés dans les guides de conception sont tenus et toujours réinterprétés à l'aune des habitudes des enseignants (Bécu-Robinault et Derolez, 2022). Ce constat nous a conduit à mieux accompagner les processus de circulation des ressources et savoirs issus de la recherche et de la pratique enseignante au sein du projet. A ces fins, nous avons créé un espace collaboratif de travail, facilité par un accompagnement humain, donnant accès à toutes les ressources, sans distinction de leurs origines.

Le tableau blanc collaboratif

L'espace collaboratif choisi, Miro, est un tableau blanc polyvalent autour duquel s'articule une bibliothèque d'outils permettant de partager des ressources numériques. Cet espace est modulable : il est possible de zoomer à l'infini ou d'avoir une vision d'ensemble plus macroscopique (Després-Lonnet, 2004). En plus de renouveler la méthode de travail du groupe, l'organisation des informations avec Miro évite une structuration des ressources en silo comme cela était le cas avec la plateforme de partage de fichier précédemment utilisée.

La facilitation de groupe

Afin de favoriser l'expression de chacun, et de s'assurer de la maîtrise des outils mis à disposition, l'une des chercheuses a endossé le rôle de facilitatrice, dont la mission est

d'aider le groupe à atteindre les résultats fixés en amont (Bostrom et al., 1993). Ce rôle a été défini dans la littérature comme comprenant 16 dimensions, comme l'aide à l'utilisation des outils technologiques ou la clarification et l'intégration des informations fournies par les différents partenaires (Clawson et al., 1993). La facilitatrice ne prend pas part à la discussion sur le fond mais intègre les propositions des partenaires et rend visible les avancées du projet, en tenant compte des connaissances de chacun. Avec l'initiatrice de la réunion –une chercheuse en didactique – elle définit les activités en fonction de la composition du groupe et des résultats attendus.

Intégration de cadres d'analyse de la collaboration

En début du projet, les participants ont des intérêts et des compréhensions variés concernant les objets discutés (Ligozat & Marlot, 2016) en raison de la difficulté à s'adapter à un système d'activité qui n'est pas celui assigné par leur identité professionnelle (Buty et Bécu-Robinault, 2010). Les chercheurs mettent à disposition des enseignants des savoirs didactiques, liés à la gestion de leur discipline (la physique dans notre cas), qui sont des savoirs nourris par la recherche, porteurs de principes nécessaires à l'enseignement des contenus d'enseignement visés (Chesnais et al., 2017). Nous assimilons ces savoirs aux Pedagogical Content Knowledge (PCK) introduits par Shulman (1986). Dans le cadre de notre projet, il est possible de les envisager à la fois comme PCK personnels car les enseignants les mobilisent pour concevoir une séance d'enseignement, et comme savoirs de référence car ils sont issus de la recherche (Kermen & Izquierdo-Aymerich, 2017). La signification et la portée de ces savoirs diffère d'un partenaire à l'autre.

Afin de mettre en évidence les leviers et obstacles à la circulation des savoirs au sein du projet collaboratif, nous avons fait le choix d'étudier les significations des objets discutés entre les chercheurs et les enseignants. La diversité des significations est le reflet d'asymétries entre les partenaires (Baker, 2008). Ces asymétries peuvent être constitutives du projet ou émerger des interactions (Quanquin & Foucher, 2016). Les asymétries dans un groupe composé d'une variété de professionnels sont nombreuses et cependant normales. Ce serait une erreur de les voir comme des problèmes à éliminer pour faciliter le fonctionnement du projet car elles sont à l'origine des négociations qui enrichissent le répertoire des actions collectives (Thomazet & Merini, 2018). Parmi les nombreuses asymétries dont la littérature fait état, nous avons fait le choix de nous focaliser les celles liées à la terminologie (lorsque les partenaires ne s'entendent pas sur la signification d'un terme) et au contexte professionnel (lorsque les domaines d'exercice des partenaires sont révélateurs d'expertises distinctes). En effet, ces asymétries entretiennent des liens avec les savoirs en jeu et peuvent refléter des divergences de significations concernant les savoirs didactiques. Notre recherche vise à comprendre en quoi ces asymétries sont limitantes ou enrichissantes pour la collaboration du point de vue des savoirs didactiques mobilisés par les chercheurs et des PCK personnels des enseignants.

Les données collectées

Toutes les réunions, d'une durée de 1h30 ont été filmées (figure 1). Nous disposons ainsi de 18 enregistrements entre 2021 et 2023. Si la fonction initiale de ces enregistrements était de garder une trace de l'argumentaire des choix opérés, la réorientation de nos questions de recherche nous a conduit à utiliser ce corpus pour comprendre ce qui se joue dans les interactions entre chercheuses et enseignant·e·s. Notre corpus intègre également 4

entretiens sur les séances conçues en autonomie et les documents déposés sur l'espace collaboratif.

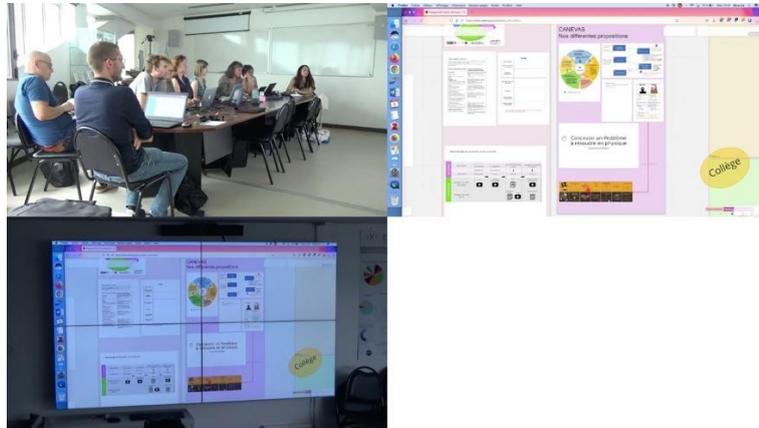


Figure 1 : Capture d'écran des données en réunion synchronisées, montrant la disposition de la salle, l'écran projeté en séance et une vue de l'ordinateur de la facilitatrice.

Les asymétries sont identifiées à partir d'échanges courts dans les entretiens ou en réunion. Elles correspondent à des moments de discussion sur la compréhension d'un objet de savoir didactique, issu de la communauté de recherche ou de la pratique enseignante. Notons que ces moments sont relativement peu fréquents, la discussion enchaînant le plus souvent des objets différents sans que personne n'exprime explicitement le besoin de précisions.

Résultats

Asymétrie terminologique

L'analyse des entretiens sur les séances conçues en autonomie montre que le langage des guides de conception n'était pas adapté pour les enseignants : « j'avais trouvé compliqué le diagramme », « il y a plein d'implicite ». Par ailleurs, les enseignants expriment leurs doutes concernant la pertinence et la qualité de leur travail : « en termes de contenus je sais pas si je suis dans le cadre ». L'usage d'un vocabulaire trop spécifique au domaine de recherche peut provoquer un malaise chez les enseignants, comparable à de l'insécurité linguistique (Bretegnier, 2002).

Suite aux adaptations du dispositif, les partenaires sont invités à déposer et consulter les éléments ajoutés par les uns et les autres sur le tableau collaboratif. La prévisualisation des avancées combinée à la prise de note collective au fil des interactions facilitent la construction d'une compréhension partagée pour s'accorder sur des formulations consensuelles en réunion. Par ailleurs, un des rôles de la facilitatrice a été de veiller à l'expression de chacun et à la clarification des termes, avant de proposer une synthèse. Les actions plus spécifiques comprennent la mise en place d'une structure qui encourage la participation, le maintien d'une position équitable autour de la table face à l'écran commun, la régulation des interventions, et la clarification rapide des termes qui posent problème (comme la précision de ce que recouvre le terme « modèle » pour les différents partenaires).

Nos analyses indiquent que les chercheurs auto-régulent leur vocabulaire : ils mobilisent

très peu ou pas du tout les termes spécifiques à leur domaine de recherche. À titre d'exemple, le terme « modélisation » n'apparaît qu'une seule fois dans l'ensemble du corpus vidéo. Conscients que certaines formulations mettent les enseignants mal à l'aise, les chercheurs paraissent hésiter à mobiliser explicitement les savoirs de leur communauté. De plus, ils ont souvent évité de signaler leurs propres incompréhensions sur l'utilisation d'un terme par les enseignants. Par exemple, le terme « appropriation », dans un contexte inconnu aux chercheurs, a été ignoré plutôt que questionné. Les insécurités linguistiques concernent donc autant les chercheurs que les enseignants et l'absence de clarification de la signification des objets de savoirs dans les différentes communautés peut être un obstacle à la construction d'un espace interprétatif partagé (Marlot et al., 2017).

Asymétries de contextes professionnels

Les asymétries concernant les contextes professionnels émergent le plus souvent à partir d'asymétries terminologiques. Par exemple, les chercheurs ont demandé aux enseignants de préciser les « objectifs d'enseignement et les objectifs d'apprentissage » du thème choisi pour la résolution de problème. Or, dans les programmes officiels, il est question

« d'objectifs de formation ». Cette asymétrie terminologique, reflet de pratiques inscrites dans des communautés professionnelles différentes, a suscité un long silence du groupe, révélateur d'une incompréhension. Après un temps de discussion, les enseignants ont ensuite réexaminé le thème choisi et ont proposé des objectifs d'enseignement ciblant à la fois des aspects quantitatifs (utilisation du théorème de l'énergie cinétique) et qualitatifs (montrer ce que peut représenter l'énergie cinétique). Ce moment révèle aussi des hiérarchies implicites au sein du groupe, initié par des chercheurs et auquel les enseignants ont été invités. Bien que tous soient contributeurs, les chercheurs sont implicitement reconnus comme les porteurs du projet. Un enseignant l'exprime lors de la première réunion « je ne suis qu'un simple professeur de lycée », se positionnant ainsi dans une sphère professionnelle différente – et exprimée comme hiérarchiquement inférieure – à celle du chercheur. Ces asymétries, inhérentes au partenariat construit pour ce projet, conduisent les enseignants à expliciter l'origine (par exemple : formation initiale, lectures, discussion avec des collègues) des PCK mobilisées pour concevoir de nouvelles situations (Bécu-Robinault, 2007).

Discussion

Tout d'abord, il convient d'indiquer que les données sont toujours en cours d'analyse.

Du point de vue de l'organisation, l'intégration d'un tableau blanc collaboratif a placé physiquement et symboliquement les participants sur un pied d'égalité. Ce dispositif a un rôle technique (une nouvelle façon de générer un contenu commun), social (une nouvelle façon d'interagir avec les autres membres du projet) et narratif (parce qu'il permet à chacun de contribuer à une aventure commune concernant l'élaboration de situations de résolution de problèmes en physique) (Frau-Meigs, 2011). Il a rendu tangible, *via* les positionnements des curseurs des partenaires lors de la consultation en réunion, des asymétries liées aux ressources utilisées. Par ailleurs, l'évolution du nombre de partenaires prenant part aux discussions indique que le rôle de facilitatrice endossé par l'une des chercheuses a permis une meilleure attention à la diversité des points de vue et donc une prise en charge des asymétries terminologiques et de contextes professionnels.

Nos analyses indiquent que les asymétries terminologiques sont souvent liées aux contextes professionnels, ce qui conduit les enseignants à préciser leurs PCK personnels et les chercheurs à spécifier les savoirs didactiques. L'explicitation de l'origine de ces savoirs, enrichit considérablement les ressources produites et la réflexion sur les conditions de leur diffusion. De plus, ce travail d'identification des asymétries nous paraît essentiel pour aider les chercheurs à trouver le moment optimal (kairos) pour introduire des savoirs didactiques. Si nous avons mis l'accent sur les PCK des enseignants, un travail sur les savoirs professionnels des chercheurs et leur épistémologie pratique serait bénéfique pour mettre en évidence la valeur ajoutée de tels projets collaboratifs pour les savoirs en didactique des sciences.

Enfin, notons que ces premiers résultats ont permis de modifier la communication au sein du projet, notamment concernant les réticences des chercheurs concernant la formulation des résultats de la recherche et un positionnement plus explicite des contextes d'exercice professionnels des différents participants.

Bibliographie

- Bécu-Robinault, K. (2007). Connaissances mobilisées pour préparer un cours de sciences physiques. *Aster*, 45, 165-187.
- Bécu-Robinault, K., & Derolez, S. (2022). De la recherche à la conception de situations d'enseignement, cas de résolutions de problèmes en physique. Dixièmes rencontres scientifiques de l'ARDiST, Toulouse.
- Baker, M.J. (2008). Formes et processus de la résolution coopérative de problèmes : des savoirs aux pratiques éducatives. In Y. Rouiller & K. Lehraus (Eds.) *Vers des apprentissages en coopération : rencontres et perspectives*, pp. 107-130. Berne : Peter Lang.
- Bostrom, R. P., Anson, R., & Clawson, V. K. (1993). Group facilitation and Group Support Systems. Dans L. Jessup & J. Valacich (Eds.), *Group Support Systems: New perspectives* (p. 146-168). New York : Macmillan.
- Bretegnier, A. (2002). Regards sur l'insécurité linguistique - Introduction. Dans A. Bretegnier & G. Ledegen (Dir.), *Sécurité/insécurité linguistique : terrains et approches diversifiés* (p. 7-33.). L'Harmattan.
- Buty, C., & Bécu-Robinault, K. (2010). Interactions dans des groupes de recherche-développement. Colloque international « Spécificités et diversité des interactions didactiques : disciplines, finalités, contextes », INRP, Lyon, juin 2010.
- Chesnais, A., Cross, D. & Munier, V. (2017). Étudier les effets de formations sur les pratiques : réflexions sur les liens entre connaissances et pratiques, *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 15, 97-130.
- Clawson, V. K., Bostrom, R. P., & Anson, R. (1993). The Role of the Facilitator in Computer-Supported Meetings. *Small Group Research*, 24(4), 547-565.
- Després-Lonnet, M. (2004). Écrits d'écran : le fatras sémiotique. *Communication & Langages*, 142(1), 33- 42. <https://doi.org/10.3406/colan.2004.3301>
- Frau-Meigs, D. (2011). *Penser la société de l'écran. Dispositifs et usages*. Presses Sorbonne Nouvelle
- Kermen, I. & Izquierdo-Aymerich, M. (2017). Connaissances professionnelles didactiques des enseignants de sciences : un thème de recherche encore récent dans les recherches francophones. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 15, 9-32.
- Ligozat, F., & Marlot, C. (2016). Un espace interprétatif partagé entre l'enseignant et le

didacticien est-il possible ? Développement de séquences d'enseignement scientifique à Genève et en France. Dans *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation*. (p. 143- 163). De Boeck Supérieur.

Marlot, C., Toullec-Théry, & M., Daguzon, M. (2017). Processus de co-construction et rôle de l'objet biface en recherche collaborative. *Revue Phronesis, Les recherches collaboratives en éducation et en formation : référents théoriques, outils méthodologiques et impacts sur les pratiques professionnelles*, 6 (1-2), 21-34.

Quanquin, V., & Foucher, A.-L. (2016). Symétries et asymétries constitutives et émergentes dans un tutorat distanciel : L'exemple d'un dispositif de formation en Français Langue Maternelle. *Distances et Médiations des Savoirs*. <https://doi.org/10.4000/dms.1542>

Thomazet, S. & Mérini. C. (2018). Analyse des asymétries du travail collectif dans un contexte d'école inclusive. *Transverse « Interactions et dynamiques des asymétries »*, 23-40.

Shulman L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

La métaconception dans une recherche collaborative : le cas du jeu de plateau Darwinium

Eric Tortochot^{1,2,3}, Magali Coupaud^{1,2,3}, Alice Delserieys Pedregosa^{1,2,3}

1 : ADEF, Aix Marseille Université, département des sciences de l'éducation

2 : Ampiric - Pôle pilote de formation des enseignants et de recherche pour l'éducation, Avignon Université, Aix Marseille Université, Université Nice Sophia Antipolis

3 : FED 4238 SFERE Provence, Aix-Marseille Université

Résumé

Le jeu Darwinium a été conçu dans le cadre d'un projet de recherche pour soutenir l'enseignement-apprentissage de l'évolution du vivant et des concepts de hasard associés. Un processus de métaconception au sein d'une recherche collaborative a été mis en œuvre avec différents acteurs : experts amenant chacun une expertise spécifique et usagers rendant compte de l'expérience de jeu. La présente communication analyse des moments clés de ce processus de métaconception pour repérer les négociations qui s'opèrent. Des compromis sont trouvés, d'une part entre les concepts intrinsèques au jeu et les concepts visés pour la situation d'enseignement-apprentissage, d'autre part entre des préoccupations focalisées sur la transmission de savoirs et des préoccupations focalisées sur la dimension ludique du jeu. Les solutions trouvées modifient l'histoire racontée par le jeu pour adopter un scénario de type science-fiction avec un impact sur le plateau de jeu et le rôle incarné par les joueurs.

Mots-Clés : Métaconception ; Jeu éducatif ; Hasard ; Évolution du vivant ; Recherche collaborative.

La métaconception dans une recherche collaborative : le cas du jeu de plateau Darwinium

Symposium de rattachement : La place des savoirs didactiques dans les dispositifs collaboratifs

Contexte de la recherche collaborative

L'étude s'inscrit dans le cadre du projet ANR EGRESS (*Educational Game about Randomness and Evolution for Students in Science*) environné par le pôle pilote Ampiric. Il repose sur la métaconception d'un jeu destiné à promouvoir l'enseignement et l'apprentissage de concepts difficiles dans l'enseignement des sciences : la théorie de l'évolution et le concept d'aléatoire. Le jeu Darwinium est conçu pour faire partie d'une ressource pédagogique destinée aux enseignants de collège, afin qu'ils puissent inciter les élèves (âgés de 12 à 15 ans) à manipuler divers artefacts, pour mieux comprendre les processus aléatoires et évolutifs.

Ce jeu s'appuie sur des recherches antérieures mettant en évidence les difficultés des élèves à comprendre les processus évolutifs (Nadelson & Southerland, 2012 ; Yates & Marek, 2015 ; Wolf et al., 2017) et leur nature stochastique (Fiedler et al., 2019). En particulier, Coupaud et al. (2018) ont observé un nombre important de collégiens en France exprimant une faible compréhension ou des idées contradictoires sur l'évolution biologique et, corrélativement, une faible reconnaissance des processus aléatoires. Fiedler et al. (2019) avancent l'idée que le hasard est un concept seuil qui entrave l'apprentissage de l'évolution et soutiennent le développement de collaborations multidisciplinaires pour aborder des concepts difficiles comme le hasard et l'évolution.

La conception du jeu a débuté en avril 2019 impliquant une équipe pluridisciplinaire composée de chercheurs spécialistes en éducation scientifique (sciences de la vie et de la Terre, physique et mathématiques) et technologique (enseignement professionnel, design) d'un *game designer* et d'un ingénieur de projet. La conception du jeu consiste en un processus complexe (Dorst & Cross, 2001) avec des successions de 1) phases de négociation entre experts, 2) réalisation de prototypes par le *game designer*, 3) test de ces prototypes, avant de revenir à des phases de négociation. Plusieurs tests avec des utilisateurs (adultes, adolescents) ont été organisés, dès le début du projet, afin de valider le processus de métaconception qui implique différentes parties prenantes, à savoir : les experts (du jeu, scientifiques, des utilisateurs experts) et les utilisateurs en lien avec une situation d'apprentissage (enseignants, élèves).

La métaconception, un outil puissant de collaboration

La métaconception implique de nombreux acteurs : ceux de la recherche qui conçoivent le dispositif et ceux qui l'expérimentent. Toutes les parties prenantes du système, y compris les utilisateurs finaux, ici les joueurs, les élèves, enseignants, sont des membres actifs de l'équipe de conception (Ardito et al., 2015). Il s'agit d'une forme de recherche collaborative, de type recherche orientée par la conception (*design-based research* – DBR) en vue de concevoir une ressource pédagogique dont l'objectif est de vérifier la maîtrise des savoirs savants à transmettre, la connaissance des savoirs à enseigner par les professeurs (Hofstetter & Schneuwly, 2009), les représentations des savoirs enseignés à travers le travail didactique (Hultén & Björkholm, 2016 ; Didier & Tortochot, 2021 ; Kampeza & Delserieys, 2020). D'autre part, les connaissances préalables des différents membres de l'équipe de conception influencent à la fois la conception des contenus du jeu et le jeu lui-même. À ce stade du

processus de conception, l'expertise combinée des auteurs du jeu est autant une richesse qu'un frein à la conception : les obstacles épistémologiques et l'épistémologie pratique des membres de l'équipe peuvent être à l'origine tout à la fois d'empêchements et d'avancées (de Oliveira, 2017 ; Östman & Wickman, 2014).

L'objectif est d'examiner comment un processus de métaconception, impliquant une approche multidisciplinaire et multi-expertise, peut être utilisé pour développer un jeu de société éducatif. Plusieurs questions émergent. Quels compromis sont réalisés entre les experts scientifiques, garants du savoir visé, les experts en jeu, garants de la conception d'un jeu et les utilisateurs du jeu, enseignants et élèves ? Pour synthétiser, la question posée est la suivante : en quoi les expertises vs les usages des participants dans un dispositif de collaboration contribuent-ils à la conception d'un jeu éducatif ?

Dans cette communication, la focale est mise sur les modifications de la conception de l'histoire racontée aux joueurs et plus particulièrement, sur des éléments clés du jeu : le rôle incarné par les joueurs et l'ergonomie du jeu (plateau central).

Méthodologie

Chaque séance de travail du projet de recherche EGRESS, entre septembre 2019 et janvier 2021 (figure 1), a fait l'objet d'un enregistrement vidéo. Le travail d'analyse porte sur un corpus de données plus large que celui présenté dans cette communication : les discours tenus par les joueurs sur le jeu lui-même (ergonomie, etc.) ; les éléments tangibles du jeu (matériel mis à disposition des joueurs) ; l'activité des joueurs dans les phases de création narrative (productions écrites, orales et graphiques). La frise en figure 1 reprend la session « a » de travail des « geeks », les sessions « b » et « d » de l'équipe de chercheurs et des utilisateurs (session « c »), (des adolescents hors cadre scolaire, des élèves en classe et des enseignants en formation).

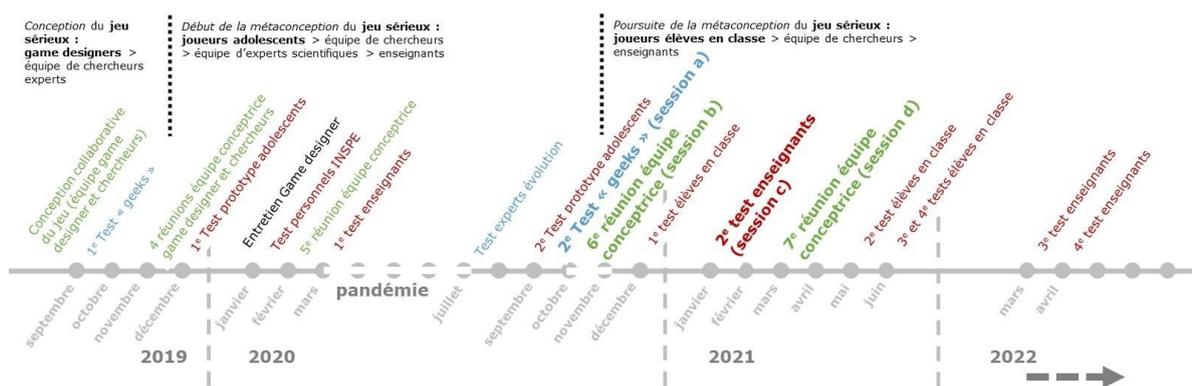


Figure 1 : la frise des événements de la métaconception (en bleu : tous les experts ; en vert : les membres de l'équipe du projet ; en rouge les utilisateurs).

Dans cette communication, seules les analyses des discours des sessions a, b, c et d sont présentées. Les données sont collectées lors des deux tests de prototype avec des experts en jeu, d'un test avec des enseignants et d'une réunion d'équipe, respectivement, a : 8 participants, d : 8 participants, c : 30 participants et b : 8 participants (figure 1).

Les sessions de travail débutent par une phase de jeu « Darwinium » par équipe de 2 joueurs, suivie d'une phase de débriefing conduite par des chercheurs. Les participants sont ensuite invités à échanger à partir de questions types telles que « selon vous, qu'est-ce que vous avez

aimé dans ce jeu ? » ou « qu'est-ce qui vous a déplu ? ». Les discours des participants sont analysés à l'aide de catégories construites *a priori* sur la base de travaux antérieurs, afin d'identifier les différents concepts visés par le jeu (mécanismes évolutifs et hasard) et ceux intrinsèques au jeu (frivolité, décision, mécanismes, second degré et incertitude, selon le modèle de Brougère (2019)).

Résultats : la métaconception du « dôme » Darwinium

Compte tenu de la nature des données, les résultats sont présentés sous forme narrative selon la chronologie de conception du jeu. Des points de bascule conduisent à la modification de l'histoire racontée dans le jeu.

Au début du projet, les membres de l'équipe statuent sur le fait que le jeu doit s'ancrer dans le réel. Le premier prototype du jeu de plateau est composé de tuiles représentant des types de territoires dans lesquels des espèces animales sont amenées à évoluer. Chaque territoire comporte plus ou moins de ressources nutritives. Les joueurs doivent faire évoluer les espèces qu'ils incarnent. Le jeu démarre par un court récit introductif mettant en scène une espèce possédant des branchies qui a migré et a évolué en quatre espèces différentes. Les joueurs sont une de ces espèces avec une autre caractéristique (par exemple, « carapace »). Cette espèce ne pourra évoluer à son tour que lorsqu'elle sera suffisamment grande en taille et qu'elle pourra migrer ailleurs.

La session de travail (a), réalisée avec des experts en jeu, soulève le problème du choix laissé aux joueurs. Un participant déclare « c'est assez frustrant car je me rends compte qu'on a quasiment aucun choix à faire depuis le début ». Un autre participant renchérit « quand y'a pas de choix, y'a pas de jeu ». Il apparaît ici une oscillation entre des préoccupations liées au plaisir du joueur (frivolité, frustration et choix) et des préoccupations liées au savoir visé (évolution non déterministe).

Après cette session, le *game designer* propose à l'équipe du projet (session b) le prototype 2.0 intégrant les deux types de contraintes (du jeu et de l'évolution). Il justifie son choix en début de séance en indiquant que, si une population n'a pas de prise sur les lois d'évolution, en revanche un chercheur peut faire des choix, en modifiant l'environnement pour observer des évolutions. Un nouveau consensus apparaît, laissant aux joueurs des choix dès lors que ceux-ci ne relèvent pas de l'évolution. C'est ainsi que les étapes du jeu introduisant un aléa sont réservées uniquement à celles nécessaires pour comprendre l'évolution.

Le prototype 2.1, validé par l'équipe projet, est testé auprès d'enseignants en formation (session c). Un participant souhaite que le rôle de scientifique incarné par les joueurs soit expliqué parce que l'une des conceptions initiales des élèves est très ancrée dans le pouvoir décisionnel de la nature dans l'évolution. Pour ce participant, les élèves ne se mettront peut-être pas dans la peau d'un scientifique parce qu'ils vont avoir du mal à se dire que le scientifique peut déplacer les populations. Dans ce cas, les usagers ne résolvent pas le problème soulevé par les experts en jeu, mais mettent à jour, par l'usage, un impensé lié à leurs connaissances sur les élèves. Pour que les joueurs comprennent les mécanismes évolutifs, il faut que l'histoire du jeu soit cohérente avec ces mécanismes et qu'en plus, elle bouscule les conceptions initiales des élèves. L'histoire du jeu doit être plus cohérente que l'histoire que l'élève se raconte (« la nature fait bien les choses »).

En session d, test du prototype 2.2, les experts en jeu soulèvent le même problème de

positionnement : « est-ce que je suis l'animal ou est-ce que je suis le chercheur ? ». Une phase de dialogue débute alors entre experts, membres de l'équipe et le *game designer*, à la recherche d'une solution. Un joueur suppose que « c'est peut-être l'introduction du jeu qui prête à confusion ». L'histoire du jeu, conçu avec la contrainte d'introduire du 2nd degré (Brougère, 2019), n'est pas en adéquation avec les mécanismes du jeu, modélisant les mécanismes évolutifs. Un joueur explique que le problème repose dans la dimension fantastique de la situation. Il n'est pas possible d'être témoin du temps de l'évolution. Il propose de situer le jeu sous un dôme. L'idée de ce dôme expérimental avec un mini écosystème est reprise par un membre de l'équipe en s'appuyant sur des exemples existants de travaux de recherche expérimentale. Le compromis entre l'ensemble des participants s'opère. Un consensus apparaît proposant une modification de l'ergonomie du plateau central et de l'histoire du jeu.

Discussion

Dans l'activité de conception, la résolution de problème passe par des négociations sur les solutions. Le dialogue est fondamental. Dans la métaconception, les usagers ne résolvent pas les problèmes, ils les soulèvent en mettant à jour, par l'usage de l'artefact, des impensés, des obstacles imprévus. Les experts du savoir scientifique renoncent à l'exigence de certains sous-concepts de l'évolution et font des choix et inversement, les experts du jeu renoncent à certaines règles de jeu au profit du savoir à transmettre. Le dialogue entre experts atteint le compromis quand, dans les dialogues, ils se mettent d'accord sur la meilleure solution pour lever les obstacles et répondre aux besoins des utilisateurs et non sur le choix de la meilleure expertise.

Par ailleurs, lors de la conception d'un jeu éducatif, les compromis entre les concepts intrinsèques au jeu et les concepts visés semblent indispensables. Sans ce travail de métaconception, l'artefact conçu pourrait soit être seulement un outil éducatif sans valeur ludique au sens de Brougère (2019), soit un jeu sans valeur pour l'enseignement.

Cette communication présente un premier niveau d'analyse de métaconception. L'étape suivante sera d'analyser le rôle des utilisateurs dans ce processus (enseignants vis-à-vis de leur pratique de classe et non vis-à-vis de leur connaissance des élèves).

Références

- Ardito, C., Buono, P., Costabile, M. F., Lanzilotti, R., Piccinno, A., & Zhu, L. (2015). On the transferability of a meta-design model supporting end-user development [journal article]. *Universal Access in the Information Society*, 14(2), 169-186. <https://doi.org/10.1007/s10209-013-0339-7>
- Coupaud, M. (2018). *Évolution du vivant et hasard : étude quantitative des conceptions d'élèves de collège dans le contexte français* (Doctoral dissertation, University Aix-Marseille, France). Récupéré de <http://www.theses.fr/2018AIXM0205>
- Brougère, G. (2019, 2019-06-26). Jouer et apprendre. [Actes du XXXIV^e congrès de la Fnarem]. XXXIV^e congrès de la Fnarem, « Jouer, rejouer, déjouer, enjouer. Le jeu au cœur de l'aide rééducative/relationnelle à l'école », Limoges, France.de Oliveira, J. C. P. (2017).
- Didier, J., & Tortochot, É. (2021). Former aux compétences du XXI^e siècle à l'aide du design [Training for 21st century skills using design]. *Questions Vives*(35), Article

5734. <https://doi.org/10.4000/questionsvives.5734>
- Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: co-evolution of problem–solution, *Design Studies*, 22(5), 425-437. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6).
- Kampeza, M., & Delsierieys, A. (2020). Acknowledging drawing as a mediating system for young children’s ideas concerning change of state of matter. *Review of Sciences, mathematics & ICT Education*, 14(2), 105-124. <https://doi.org/10.26220/rev.3512>
- Fiedler, D., Sbeglia, G., Nehm, R., & Harms, U. (2019). How strongly does statistical reasoning influence knowledge and acceptance of evolution? *Journal of Research in Science Teaching*, 56, 1183– 1206. <https://doi.org/10.1002/tea.21547>
- Hofstetter, R., & Schneuwly, B. (2009). Knowledge for teaching and knowledge to teach: two contrasting figures of New Education: Claparède and Vygotsky. *Paedagogica Historica*, 45(4-5), 605-629. <https://doi.org/10.1080/00309230903100973>
- Hultén, M., & Björkholm, E. (2016). Epistemic habits: primary school teachers’ development of pedagogical content knowledge (PCK) in a design-based research project [journal article]. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(3), 335-351. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9320-5>
- Nadelson, L. S. & Southerland, S. (2012) A More Fine-Grained Measure of Students’ Acceptance of Evolution: Development of the Inventory of Student Evolution Acceptance. *International Journal of Science Education*, 34 (11), 1637-1666. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.702235>
- Östman, L., & Wickman, P.-O. (2014). A Pragmatic Approach on Epistemology, Teaching, and Learning. *Science Education*, 98(3), 375-382. <https://doi.org/10.1002/sce.21105>
- Wolfs, J., García Redondo, E., Espejo Vilar, B., Lázaro Herrero, L., Delhaye, C., Ekanga, L., & El Adek, H. (2017). Conception sécularisée ou non-sécularisée de la science chez des élèves de sept pays. *Carrefours de l'éducation*, 44, 84-99. <https://doi.org/10.3917/cdle.044.0084>
- Yates, T. B. & Marek, E. A. (2015). A Study Identifying Biological Evolution-Related Misconceptions Held by Prebiology High School Students. *Creative Education*, 6(8), 811-834. <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2015.68085>

Circulation des savoirs de la didactique dans le contexte d'une communauté discursive de pratiques professionnelles en sciences à l'école primaire

Corinne Marlot¹, Patrick Roy²

1: HEP Vaud, Suisse

2 : HEP Fribourg, Suisse

Résumé

Une Communauté Discursive de Pratiques Professionnelles (CDPP) fondée sur le dispositif d'une ingénierie didactique coopérative (Morales et al, 2017) a été mise en place en Suisse romande afin d'engager un collectif de chercheuses didacticiennes et d'enseignantes dans le traitement de problèmes d'enseignement-apprentissage sur la caractérisation du vivant au cycle 1 du primaire. Cette contribution s'intéresse plus spécifiquement à la nature des pratiques langagières en jeu dans la construction de points de vue partagés (activité de sémiotique) entre les actrices (Ligozat & Marlot, 2016). Deux hypothèses spécifiques sont mises au travail dans cette étude : (1) le débat d'expertes, par sa modalité d'autoconfrontation croisée, engendre une activité de sémiotique spécifique pouvant se caractériser du point de vue des objets de discours et des sujets de discours (Grize, 1998 ; Miéville, 2014) et (2) les positions énonciatives (Rabatel, 2012) tenues par les actrices ont une influence sur la coélaboration des savoirs de métier (Brière & Simonet, 2011). ce travail nous amène à discuter de la construction du milieu de la coopération dans le contexte d'une CDPP et les conditions de coélaboration de savoirs de métier dans l'action coopérative. Cette étude prend donc le dispositif de recherche coopérative – en tant que milieu de la coopération - comme objet de recherche en soi, du point de la sémiotique et de la construction de l'espace interprétatif partagé (Ligozat & Marlot, 2016).

Les analyses des interactions langagières sont réalisées du point de vue de la schématisation des objets et sujets de discours (Jaubert & Rebière, 2021). Deux des thématiques émergentes de ces interactions et sur lesquelles nous focalisons cette présentation sont pour la première, la question du partage des responsabilités enseignantes/élèves dans l'élaboration des savoirs en sciences et pour la seconde, la question de la construction de la preuve expérimentale au travers de systèmes de représentation.

Les résultats montrent qu'il existe une relation entre la position énonciative occupée par les actrices et la nature des objets de discours qui émergent de l'interaction, ce qui permet de mieux caractériser le rôle des différents acteurs dans la production de savoirs pour enseigner les sciences à l'école primaire. Nous observons également que l'injection contrôlée d'un objet biface (qui cristallise certains concepts de la didactique des sciences) dans la CDPP oriente la production des objets de discours sur les modalités d'un enseignement qui met en œuvre la démarche scientifique.

Mots-Clés : Didactique des sciences ; Communauté Discursive de Pratique Professionnelle ; École primaire ; Sémiotique ; Positions énonciatives.

Circulation des savoirs de la didactique dans le contexte d'une communauté discursive de pratiques professionnelles en sciences à l'école primaire¹

Symposium de rattachement : place des savoirs didactiques dans les dispositifs collaboratifs

Contexte, intention et cadre théorique

Une Communauté Discursive de Pratiques Professionnelles (CDPP²) fondée sur le dispositif d'une ingénierie didactique coopérative (Morales et al, 2017) a été mise en place en Suisse romande afin d'engager un collectif de chercheuses didacticiennes et d'enseignantes dans le traitement de problèmes d'enseignement-apprentissage sur la caractérisation du vivant au cycle 1 du primaire. Le fonctionnement de la CDPP répond à certains principes que nous mettrons à l'épreuve dans cette contribution :

1. Engager les actrices dans un contexte social signifiant où il a un problème à résoudre (Jaubert et al., 2004 ; Vygotski, 1978). Il s'agit de partager des outils culturels et des systèmes sémiotiques afin de construire collectivement des solutions adaptées à des problèmes de métier ;
2. Encourager des modalités d'interaction permettant aux actrices d'endosser une pluralité de postures et de positions énonciatives (Rabatel, 2012) par rapport aux savoirs en jeu ; les savoirs n'étant pas exclusifs aux communautés de référence qui les ont produits (Jaubert & Rebière, 2021) ;
3. Problématiser la pratique des enseignantes sur l'enseignement du vivant. Par problématisation de la pratique (Prével, 2018), nous entendons toute activité de coanalyse qui, en appui sur un système de concepts théoriques/didactiques, consiste à faire entrer des enseignantes dans un nouveau régime de description spécifique de leur activité : celui de la modélisation qui donne lieu à l'établissement d'une relation dynamique entre l'abstrait et le concret³. Cette problématisation a pour but d'assurer une conversion des connaissances professionnelles acquises par l'expérience quotidienne en des « savoirs de métier » (connaissances didactiques formalisées) afin de conférer aux enseignantes un plus grand pouvoir d'agir en situation(s) (Grosjean, 2011).
4. Construire des points de vue partagés entre les diverses actrices au moyen d'une activité de sémiologie en s'appuyant sur un système d'OB. Cette activité consiste à fabriquer du sens dans une activité ou une situation, en l'occurrence celle relative au débat d'expertes (Miéville, 2014), c'est-à-dire le moment de coanalyse des séances en classe.

¹ Ce texte est écrit au féminin générique.

² Cette forme de collaboration - la CDPP - et sa relation avec d'autres formes de recherches collaboratives a été développée dans la contribution de Marlot et Roy (2020).

³ L'abstrait se réfère aux éléments du monde conceptuel (construits théoriques) alors que le concret se réfère aux éléments du monde réel des phénomènes d'enseignement-apprentissage exprimés au travers des situations de classe.

En effet, la visée de la CDPP est de produire des savoirs de métier (Brière & Simonet, 2021) qui portent à la fois sur des « savoirs à enseigner » et des « savoirs pour enseigner » (Hofstetter & Schneuwly, 2009) et ce, grâce à la coanalyse de situations problématisées d'enseignement-apprentissage. La dimension discursive de cette communauté est portée par un système d'objets bifaces qui agissent comme outils de pilotage de la communauté et de problématisation de la pratique en favorisant la construction de points de vue partagés sur un enseignement problématisé du vivant. L'objet biface (OB) (Marlot et al., 2017 ; Marlot & Roy, 2020), en tant qu'objet frontière⁴ particulier (Star, 1989), est un objet langagier, discursif, hybride et symbolique qui comporte une face faisant écho à un concept théorique/didactique et une autre face faisant écho à une situation de classe pouvant à terme faire office d'« exemple exemplaire » (Morales et al., 2017) dans la CDPP. Cet objet assure une fonction d'interface entre les univers professionnels des chercheuses didacticiennes et des enseignantes.

Cette contribution s'intéresse plus spécifiquement à la nature des pratiques langagières en jeu dans la construction de points de vue partagés (activité de sémiologie) entre les actrices (Ligozat & Marlot, 2016).

Hypothèse et question de recherche

Nous faisons l'hypothèse générale que ces savoirs de métier qui résultent d'une « fécondation réciproque des savoirs issus de l'expérience et des savoirs issus de la recherche » (Morrisette & Desgagné, 2009, p. 119) peuvent aider les enseignantes *in fine* à concevoir, conduire, analyser et adapter des séquences d'enseignement « plus robustes didactiquement ». Ainsi, en acquérant ces savoirs, les enseignantes se développent professionnellement et ce développement passe par la reconfiguration de certains schèmes d'action (Pastré et al., 2006). Plus spécifiquement, deux hypothèses spécifiques seront mises au travail dans cette étude :

- Le débat d'expertes, par sa modalité d'autoconfrontation croisée, engendre une activité de sémiologie spécifique pouvant se caractériser du point de vue des objets de discours et des sujets de discours (Grize, 1998 ; Miéville, 2014) ;
- Les positions énonciatives (Rabatel, 2012) tenues par les actrices ont une influence sur la coélaboration des savoirs de métier (Brière & Simonet, 2011) ;

Ces hypothèses contribueront à éclairer la question suivante : *Quelles sont les caractéristiques du processus de sémiologie qui vise l'élaboration de savoirs pour enseigner dans le contexte de la démarche scientifique, du point de vue de la mobilisation des savoirs de la didactique des sciences ?*

Plus précisément, ce travail nous amène à discuter de la construction du milieu de la coopération dans le contexte d'une CDPP et les conditions de coélaboration de savoirs de métier dans l'action coopérative.

Pour ce faire, l'intention des deux chercheuses est de mobiliser des concepts didactiques (didactique comparée et didactique des sciences) comme catégories de description de l'action

⁴ L'objet-frontière a été développé afin de répondre à une problématique de description et de caractérisation de processus au sein desquels des acteur·rices issu·es de mondes sociaux différents sont appel·es à coopérer (Trompette & Vinck, 2009). conjointe qu'il va s'agir de rendre opératoires comme analyseur de la pratique lors de la coanalyse.

Par ailleurs, la mobilisation et l'usage de ces concepts dans le milieu de la coopération pourraient contribuer à l'évolution des schèmes d'action des enseignantes et en conséquence à l'émergence de nouveaux savoirs de métier.

Cette étude prend donc le dispositif de recherche coopérative – en tant que milieu de la coopération - comme objet de recherche en soi, du point de la sémiose et de la construction de l'espace interprétatif partagé (Ligozat & Marlot, 2016).

Méthodologie

Cette recherche concerne 6 enseignantes du cycle 1 (élèves de 4 à 8 ans) dont une formatrice-praticienne⁵ en Suisse romande. Les chercheuses ont réalisé des films d'étude à partir d'une première analyse d'extraits de séances en classe des différentes enseignantes sur la base de préoccupation/problèmes d'enseignement-apprentissage identifiés au début de la mise en place de la CDPP. Ces films d'étude sont le support du débat d'expertes⁶ dont le but est de produire une coanalyse des actrices, enseignantes et chercheuses.

Cette présentation se focalise sur l'analyse de la transcription de deux extraits de ce débat d'expertes, l'un qui porte sur la mise en place d'un rituel de classe qui vise une acculturation scientifique et un autre qui porte sur la construction de systèmes de représentation de la croissance qui vise la production de faits scientifiques et peut donner accès à la notion de preuves.

Les analyses des interactions langagières sont réalisées du point de vue de la schématisation des objets et sujets de discours (Jaubert & Rebière, 2021).

D'une part, il s'agit (1) de rendre compte de la nature du langage utilisé par les actrices pour exprimer ces objets avec des indicateurs de genre premier et second (Jaubert & Rebière, 2021) et (2) de qualifier la nature des relations logiques entre ces objets. D'autre part, il s'agit (3) de décrire les positions énonciatives (Rabatel, 2012) qu'elles adoptent pour construire ensemble ces objets (kerbrart-Orecchioni & Plantin, 1995). La question de la production des objets de discours au regard de la variation des positions énonciatives est une manière pour nous de saisir certains des éléments du développement professionnel des enseignantes et d'envisager par là même, celui des chercheuses.

Deux des thématiques émergentes de ces interactions et sur lesquelles nous allons focaliser cette présentation sont pour la première, la question du partage des responsabilités enseignantes/élèves dans l'élaboration des savoirs en sciences et pour la seconde, la question de la construction de la preuve expérimentale au travers de systèmes de représentation. La première thématique mobilisera le concept de topogenèse (Leutenegger & Schubauer-Leoni, 2002) et la seconde, le concept de référent empirique/connaissances partagées dans l'argumentation en classe (Bisault, 2004 ; Coquidé-Cantor, 2000; Morge, 2016).

Résultats

Le second extrait est en cours d'analyse. Nous proposons ici les résultats relatifs à l'analyse du premier extrait qui organise les interactions autour du partage des responsabilités concernant la co-construction du savoir entre le professeur et les élèves dans la mise en place d'un rituel d'acculturation scientifique.

⁵ Enseignante à temps partagé entre l'institution de formation et la classe et qui accueille des étudiantes-stagiaires

⁶ Ces débats d'expertes sont menés selon la modalité de l'entretien d'autoconfrontation croisée (Clot et al, 2000).

En 20 tours de parole, la focalisation sur les objets de discours (OD) nous permet de constater une certaine évolution du genre premier au genre second ⁵.

Cette évolution semble être le résultat de l'introduction du concept de topogenèse et de sa reformulation successive par les actrices.

Objets de discours	Tours de parole	Acteurs
OD1 Gestion des propositions des élèves	149	FLO
OD2 Conduite de la classe via la planification	151 et 152	MAR
OD3 Concept de topogenèse	160	CH1
OD4 Enjeux de la CDPP	162	CH2
OD5 Forme de guidage des interactions	163	MEL
OD1 Gestion des propositions des élèves	165	MEL
OD6 Rôle structurant du rituel	165	MEL
OD7 Rôle de médiateur de l'enseignant	168	CH2
OD8 Topogenèse et évolution des postures des élèves	168	CH2

Tableau 1 : Relations logiques entre les objets du discours et passage de genre premier à genre second

Cette reformulation passe par l'expression d'un langage hybride entre genre premier et second. La construction de significations partagées autour du concept de topogenèse et l'intérêt de le mobiliser pour réfléchir la pratique en sciences permettent à une enseignante (MEL au tour de parole 163) de faire évoluer sa réflexion sur la pratique.

160	CH1	Et puis vraiment c'est cette idée qu'on est là / on produit / on va produire des scénarios différents. Nous on y tient vraiment qu'il n'y a pas une et une seule manière d'enseigner la (...) du vivant selon la démarche scientifique. Et ça va dépendre du degré d'autonomie aussi des élèves , de la ce qu'on appelle le partage des responsabilités qui prend en charge quoi à quel moment le prof les élèves. Ça a un nom. Ça s'appelle la topogenèse . Donc <i>Bruit de chute d'un objet</i>
163	MEL	Moi j'avais l'impression par rapport à ce rituel / par rapport à qu'on a fait au tout début que ça permet de / quand on a toujours ce problème de quand l'enseignant doit plus guider ou moins et tout ça. Et puis j'ai l'impression qu'en leur demandant vraiment de prouver / de chercher ouais de nous démontrer ça nous en lève ce poids de / Parce qu'on peut les accompagner sur le chemin de comment prouver , mais c'est moins l'enseignant qui doit j'ai l'impression ramer sur sa barque . J'ai l'impression que c'est un peu plus facile par rapport à

Est ainsi élaboré collectivement un élément relatif à des savoirs pour enseigner les sciences dans le contexte de la démarche scientifique : penser les interactions avec les élèves en termes de topogenèse, c'est s'autoriser à penser que le partage des responsabilités entre enseignantes et élèves est possible, mais surtout nécessaire pour faire évoluer le rapport des

⁵⁵Le passage du genre premier au genre second peut se définir comme le passage d'une formulation dans une forme langagière première, soit le « langage naturel de la sémantique de l'action » (Sensevy, 2001) avec des concepts dits spontanés à une formulation dans une forme langagière seconde, soit le langage reconfiguré de l'action avec des concepts didactiques/scientifiques.

élèves au savoir, notamment pour ce qui concerne la construction de la preuve.

Ce premier extrait donne à voir la dimension plutôt générique de l'enseignement-apprentissage scientifique, l'objet « rituel de la mallette de la petite chercheuse » ne recouvrant pas l'enjeu didactique de la caractérisation du vivant, mais celui d'une acculturation aux caractéristiques de l'activité (du) scientifique.

D'un point de vue plus théorique, il nous apparaît que l'évolution de ces savoirs pour enseigner en tant que nouveaux savoirs de métier est le produit d'un processus de schématisation des objets et sujets de discours que nous avons pu saisir au travers de la secondarisation des OD et du déplacement des postures énonciatives des sujets. Le tableau ci-dessous met au jour la relation entre la position énonciative occupée par les actrices et la nature des objets de discours qui émergent de l'interaction, ce qui permet de mieux caractériser le rôle des différents acteurs dans la production de savoirs pour enseigner les sciences à l'école primaire.

Position énonciative	Objet de Discours	Opérations d'élaboration de savoirs de métier (savoirs pour enseigner)
Co énonciation ENS/ENS	OD1 : gestion des propositions des élèves OD2 : conduite de la classe via la planification	Poser le problème d'enseignement-apprentissage
Sur énonciation des chercheuses	OD3 : concept de tonogenèse	Faire émerger le concept organisateur des échanges (la topogenèse)
Co énonciation ENS/CH	OD5 : forme de guidage des interactions OD6 : rôle structurant du rituel (autonomie élève)	Faire émerger des OD relatifs à l'opérationnalisation du concept de topogenèse
Sur énonciation des chercheuses	OD7 : rôle de médiateur de l'enseignant OD8 : tonogenèse et évolution des postures des élèves	Consolider et développer l'opérationnalisation du concept pour la pratique enseignante

Figure 1 : Relation entre les positions énonciatives et les opérations d'élaboration de savoirs de métier

Enfin, en ce qui concerne le fonctionnement de la CDPP, cette étude nous a permis de préciser la relation entre ce processus de sémiologie et le pilotage par les objets bifaces (OB) orchestré par les deux chercheuses et relayé par les enseignantes.

Dans cette étude, la face de l'OB liée à la situation de classe est représentée par la mise en place du rituel de la mallette de la petite chercheuse et la face de l'OB liée au concept est représentée par le concept de topogenèse. Nous voyons que l'injection contrôlée de cet OB dans la CDPP

oriente la production des objets de discours sur les modalités d'un enseignement qui met en œuvre la démarche scientifique.

L'analyse du second extrait nous permettra de mettre au travail un environnement plus spécifique de la didactique des sciences, celui des conditions de la production de faits scientifiques en lien avec un enseignement problématisé du vivant.

Bibliographie

Bisault, J. et Fontaine, V. (2004). Constituer une communauté scientifique scolaire pour susciter l'argumentation entre élèves. *ASTER*, 38, 91-122.

Brière, F., et Simonet, P. (2021). Développement professionnel et co-construction de savoirs de métier d'étudiants stagiaires dans l'activité conjointe avec le formateur-chercheur : Analyses didactique et clinique de l'activité d'autoconfrontation croisée. *Éducation et didactique*, 15- 1, 49- 76.

Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., et Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (2-1).

Coquidé-Cantor, M. (2000). Le rapport expérimental au vivant dans la formation des enseignants. *Tréma*, (18), 5-21.

Grize, J.-B. (1998). Logique naturelle, activité de schématisation et concept de représentation. *Cahiers de praxématique*, 31, 115-125.

Grosjean, S. (2011). Actualisation et « mise en scène » de connaissances organisationnelles : Ethnographie des réunions de travail. *Recherches qualitatives*, 30(1), 33- 60.

Hofstetter, R., et Schneuwly, B. (2009). Introduction. Savoirs en (trans)formation. Au cœur des professions de l'enseignement et de la formation. In R. Hofstetter, *Savoirs en (trans) formation : Au cœur des professions de l'enseignement et de la formation* (p. 7- 40). De Boeck Supérieur.

Jaubert, M., et Rebière, M. (2021). Un modèle pour interpréter le travail du langage au sein des « communautés discursives disciplinaires scolaires ». *Pratiques [En ligne]*, 189- 190, 1- 18.

Jaubert, M., Rebière, M., et Bernié, J.-P. (2004). Significations et développement : Quelles « communautés ». In C. H. Moro & R. Rickenmann (Éds.), *Situation éducative et significations* (p. 85- 104). De Boeck Université.

Kerbrat-Orecchioni, C., et Plantin, C. (1995). *Le trilogie*. Lyon, PUL. (PUL).

Leutenegger, F. et Schubauer-Leoni, M- L. (2002). Les élèves et leur rapport au contrat didactique : une perspective de didactique comparée. In: *Les dossiers des sciences de l'éducation*, N°8. Didactique des disciplines scientifiques et technologiques : concepts et méthodes. pp. 73-86.

Ligozat, F., et Marlot, C. (2016). Un espace interprétatif partagé entre l'enseignant et le didacticien est-il possible ? Développement de séquences d'enseignement scientifique à Genève et en France. In F. Ligozat, M. Charmillot, & A. Muller (Éds.), *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation* (p. 143- 164). De Boeck Supérieur.

Marlot, C., et Roy, P. (2020). La Communauté Discursive de Pratiques : Un dispositif de conception coopérative de ressources didactiques orienté par la recherche. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 26, 163- 183.

Marlot, C., Toullec-Théry, M., et Daguzon, M. (2017). Processus de co-construction et rôle de

- l'objet biface en recherche collaborative. *Phronesis*, 6(1), 21- 34.
- Morge, L. (2016). Les difficultés des enseignants à gérer les phases de conclusion au cours d'une investigation. Presses Universitaires de Rennes. *L'investigation scientifique et technologique: comprendre les difficultés de mise en oeuvre pour mieux les réduire*, pp.147-160.
- Miéville, D. (2014). La logique naturelle, qu'est-ce, et pour qui, et pourquoi? *TrajEthos*, 3(1), 45- 57.
- Morales, G., Sensevy, G., et Forest, D. (2017). About cooperative engineering : Theory and emblematic examples. *Educational Action Research*, 25(1), 128- 139.
- Morrisette, J., et Desgagné, S. (2009). Le jeu des positions de savoir en recherche collaborative : Une analyse des points de vue négociés d'un groupe d'enseignantes du primaire. *Recherches qualitatives*, 28(2), 118- 144.
- Pastré, P., Mayen, P., et Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 154, 145- 198.
- Prével, S. (2018). Problématiser la pratique enseignante pour mieux la comprendre : Études de cas en sports collectifs à l'école maternelle. *Les Sciences de l'éducation pour l'Ère nouvelle*, 51(3), 101- 123.
- Rabatel, A. (2012). Positions, positionnements et postures de l'énonciateur. *TRANEL. Travaux neuchâtelois de linguistique*, 56, 23- 42.
- Sensevy, G. (2001). Théories de l'action et action du professeur. In J. M. Baudouin & J. Friedrich (Éds.), *Théories de l'action et éducation* (p. 203-224). De Boeck.
- Star, S. L. (1989). The structure of ill-structured solutions: Boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. In L. Gasser & M. Huhns (Éds.), *Distributed artificial intelligence* (p. 37- 54). Morgan Kaufmann.
- Vygotski, L. (1978). *Pensée et langage*. La Dispute (1^{re} éd. 1934).

Développement professionnel d'un enseignant dans le cadre d'un dispositif de recherche collaborative en didactique de la chimie Analyse en termes de compétences liées à l'évaluation et de pragmatisation/conceptualisation

David Cross¹, Céline Lepareur², Valérie Munier¹, Marie Sudriès¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation
Université Paul-Valéry Montpellier 3, Université de Montpellier
2 : HEP Vaud, Suisse

Résumé

Cette étude examine le développement professionnel d'enseignants du secondaire engagés dans un dispositif de recherche collaborative en didactique de la chimie. L'activité principale du groupe consiste en la co-construction d'une séquence sur la transformation chimique. Le développement professionnel est étudié sous l'angle de la conceptualisation. Une réflexion sur l'évaluation des élèves est utilisée comme levier pour favoriser la conceptualisation mais aussi la pragmatisation des concepts didactiques. La méthodologie repose sur l'analyse des enregistrements des réunions du groupe, avec une attention particulière à l'évolution des postures des enseignants et des chercheurs, ainsi qu'aux compétences en évaluation. Les premiers résultats montrent comment l'approche par l'évaluation permet de rendre compte de la pratique enseignante, mettant en lumière des tensions nécessaires aux processus de pragmatisation/conceptualisation.

Mots-Clés : Développement professionnel ; Dispositif collaboratif ; Évaluation ; Pragmatisation ; Conceptualisation.

Développement professionnel d'un enseignant dans le cadre d'un dispositif de recherche collaborative en didactique de la chimie

Analyse en termes de compétences liées à l'évaluation et de pragmatisation/conceptualisation

Symposium de rattachement : La place des savoirs didactiques dans les dispositifs collaboratifs

Depuis le printemps 2021, l'IRES¹ de Montpellier abrite un groupe de travail sur l'enseignement de la chimie au secondaire. Ce groupe, qui implique plusieurs enseignants du secondaire et trois chercheurs en didactique de la chimie et de la physique, fonctionne comme un dispositif de recherche collaborative (Desgagné et al., 2002). Il est caractérisé par une double visée de recherche et de formation. La visée de formation est envisagée ici comme un accompagnement, par les chercheurs, du développement professionnel des enseignants (Paul, 2009), ce qui implique un renouvellement des savoirs pertinents pour leur pratique (Uwamariya & Mukamurera, 2006). Au cœur de ce dispositif, l'activité de co-construction d'une séquence sur la transformation chimique, déclinée pour les classes de quatrième et de seconde, est le support à une activité réflexive. La séquence vise à intégrer les apports de la recherche sur la modélisation en chimie (Kermen, 2018) tout en tenant compte des contraintes multiples qui pèsent sur les enseignants et sur le système éducatif. Selon Allard et al. (2022), une réflexion sur l'évaluation des élèves permet de décrire et comprendre les pratiques des enseignants tout en proposant des leviers afin d'enrichir ces pratiques. La co-construction de la séquence intègre de ce fait une réflexion sur l'évaluation des apprentissages des élèves. Des allers-retours entre des moments de mise en œuvre de la séquence et de retour sur cette mise en œuvre permettent de faire émerger des « zones interprétatives » (Desgagné et al., 2002) dans lesquelles se construisent des savoirs à propos de la pratique. Ces savoirs sur la pratique permettent à leur tour à l'enseignant d'explorer de nouvelles possibilités en termes de pratiques.

Cette proposition vise à explorer la façon dont les savoirs circulent et sont transformés au sein du dispositif dans une perspective de développement professionnel.

Développement professionnel dans le cadre d'un dispositif collaboratif didactique

La pragmatisation des concepts

Nous considérons que les dispositifs collaboratifs sont le lieu d'un processus de « pragmatisation » des savoirs. Vidal-Gomez et Rogalski (2007) distinguent les concepts scientifiques (ici des concepts issus de la recherche en didactique, appelés concepts didactiques) et les concepts pragmatiques. Ces derniers permettent de gérer des situations

¹ Institut de Recherche sur l'Enseignement des Sciences

qui ne sont pas facilement modélisables à l'aide des concepts scientifiques, ou bien lorsqu'il n'existe pas de concepts scientifiques liés à la situation professionnelle. Ainsi, si les chercheurs participant au dispositif sont à même de proposer des concepts didactiques afin d'élaborer et d'analyser les situations ou d'anticiper des difficultés d'élèves par exemple, ces concepts ne sont pas suffisants pour gérer des situations de classe. Ils nécessitent en effet d'être enchâssés dans des savoirs professionnels. Autrement dit, pour être pertinents pour la pratique, ces savoirs doivent être « incorporés » dans la pratique, c'est-à-dire qu'ils doivent tenir compte des spécificités des situations professionnelles, des contraintes du terrain pour permettre à l'enseignant d'être, dans une certaine mesure, efficace.

Le développement professionnel

Pour Lhoste et Schneeberger (2018) le développement professionnel peut être caractérisé par un double processus dialectique de pragmatisation/conceptualisation, la conceptualisation étant le mouvement inverse de la pragmatisation qui permet aux enseignants de faire face à des obstacles, la pragmatisation permettant de rendre opérationnels les concepts didactiques. Selon Clot et Faïta (2000) il existe un intermédiaire entre la tâche prescrite (par exemple enseigner les transformations chimiques) et l'individu qui correspond à un travail collectif de réorganisation de la tâche : le genre professionnel. Ce genre comprend les obligations que partage un collectif pour arriver à travailler. Selon nous, c'est ce travail de réorganisation de la tâche qui permet l'émergence des concepts pragmatiques. La conceptualisation peut alors être envisagée comme un processus individuel qui peut concerner aussi bien des concepts pragmatiques que didactiques. Qu'ils soient individuels ou collectifs, les processus de pragmatisation/conceptualisation répondent à des besoins différents tout en étant complémentaires. D'après Pastré (2011), les concepts pragmatiques sont des concepts organisateurs de l'action et fondent ainsi un diagnostic de situation. Pour cet auteur, les concepts pragmatiques sont ainsi caractérisés par des indicateurs, permettant d'évaluer la valeur prise par les concepts. Qu'ils soient pragmatiques ou didactiques, les concepts sont caractérisés par des invariants opératoires et les classes de situations auxquelles ils s'appliquent.

Les recherches conduites sur la Littératie en Évaluation, (eg., DeLuca et al., 2019 ; Pasquini & Morales Villabona, 2022 ; Xu & Brown, 2016 ; Willis et al., 2013) soulignent que les pratiques évaluatives découlent de multiples négociations, constantes et complexes, réalisées par l'enseignant entre les prescriptions légales qui cadrent sa pratique, la culture d'établissement dans laquelle il enseigne, son contexte d'enseignement, mais aussi ses valeurs, croyances, connaissances et expériences propres (DeLuca et al., 2019 ; Willis, 2013). Suivant Xu et Brown (2016), le développement des compétences en évaluation dépend de la trajectoire professionnelle et se décline selon trois niveaux : le 1^{er} niveau concerne les connaissances de base en évaluation (les connaissances sur les contenus disciplinaires, les fonctions de l'évaluation, les enjeux éthiques et légaux, les processus de notation et de régulation, etc.) ; le 2^{ème} niveau s'appuie sur un ensemble intériorisé de

connaissances et compétences en matière d'évaluation (système de valeurs et de croyances de l'enseignant, qui renvoie aux perceptions de ce que l'évaluation devrait être) ; et le 3^{ème} niveau concerne la prise de conscience des liens entre les processus d'évaluation et sa propre identité d'évaluateur (adaptation des règles et principes d'évaluation aux réalités de sa propre classe).

Le travail collectif sur l'évaluation semble donc à même de favoriser le processus de pragmatisation des concepts, en considérant les multiples négociations dont découlent les pratiques évaluatives mais également le processus de conceptualisation, de par l'acquisition de savoirs spécifiques à l'évaluation, qui sont en interaction avec d'autres types de savoirs, notamment didactiques.

L'accompagnement

Dans le cadre d'un dispositif collaboratif, le processus de pragmatisation/conceptualisation chez les enseignants est le produit d'une activité conduite collectivement par les enseignants et les chercheurs. Cependant, si l'activité est collective, les préoccupations et les objectifs des enseignants et des chercheurs sont pour autant différents. Le dispositif ne peut fonctionner sans une zone interprétative, définie comme un espace de rencontre, de discussion, de transformation (Bresler & Tochon, 2004) des enseignants et des chercheurs et, pour Hervé et al. (2018), comme un espace intermédiaire entre chercheurs et enseignants. Afin de favoriser l'émergence de cette zone interprétative, nous nous positionnons comme accompagnateurs. Pour Paul (2009), ce positionnement nécessite une attention particulière pour laquelle il s'agit de ne pas devancer le développement professionnel potentiel ni d'en être le simple témoin. De plus ce positionnement particulier est subordonné à la qualité de la relation entre enseignants et chercheurs. À la suite de Colognesi et al. (2019), nous étudions le processus d'accompagnement en identifiant des postures des acteurs engagés dans le dispositif. Pour ces auteurs, une posture est un rôle joué par une personne, situé et temporaire, et qui dépend de la tâche.

Nous considérons l'émergence de la zone interprétative comme dépendante à la fois de la dynamique des chercheurs, comme des accompagnateurs privilégiant la qualité de la relation, et des enjeux de pragmatisation de concepts didactiques.

Problématique

Nous cherchons à comprendre le développement professionnel dans le cadre d'un dispositif collaboratif orienté par la question de l'évaluation. Pour cela nous étudions les processus de pragmatisation des concepts didactiques et de conceptualisation des enseignants. Nous postulons que ces processus sont liés à la dynamique des postures des chercheurs et des enseignants, ainsi qu'au développement de compétences en évaluation.

Méthode

Dans cette proposition, nous nous centrons sur l'étude d'un enseignant du groupe. Nous disposons des enregistrements des cinq réunions du groupe conduites durant l'année 2022-2023, soit au total environ huit heures de vidéo. Ces enregistrements ont été transcrits. En complément, nous avons recueilli divers documents des enseignants (fiche élèves correspondant à différentes étapes de la construction de la séquence ; grille de compétences, planification, etc.).

Les vidéos ont été découpées en thèmes (Cross et al., 2009) afin de synthétiser et d'organiser le contenu à une échelle de l'ordre de la dizaine de minutes. Ce premier découpage nous a permis de repérer des moments propices à une analyse plus fine des postures des enseignants et des chercheurs ainsi que de savoirs en jeu, tant du point de vue des concepts didactiques que de ceux concernant l'évaluation.

Des catégorisations de postures ont déjà été proposées par Colognesi et al. (2019) et Jorro (2016), mais celles-ci ne sont ni adaptées à notre contexte, ni à la finesse de notre grain d'analyse. Nous construisons donc une catégorisation des postures à partir de nos données dans la continuité de nos travaux précédents, par exemple la posture d'explicitation ou de contradicteur. Pour étudier le développement des compétences en évaluation nous utilisons les trois niveaux de Xu et Brown (2016). Pour l'étude de la pragmatisme/conceptualisation, nous recherchons les liens qui sont fait par le collectif entre les concepts didactiques et des contraintes de terrain, des nécessités liées au métier ou l'efficacité en situation de ces concepts pour agir et ce que cela permet de faire ou d'envisager. Pour cela nous analysons chaque tour de parole en fonction 1) de la classe de situations, 2) des invariants opératoires et 3) des indices pris en situation qui sont évoqués par les différents intervenants.

Premiers résultats

Les analyses sont en cours, une séance de réunion (Séance 4) a été analysée. Un extrait des analyses produites est présenté en annexe 1.

Dans cet extrait, à la fin du thème 3, il est question d'explicitation des compétences travaillées et évaluées sans référence à un contenu précis. Le thème 4 aborde la question de rendre nécessaire les concepts d'atome et de molécule pour donner du sens aux apprentissages des élèves.

La transition entre le thème 3 et le thème 4 est en partie liée à un changement de posture de la part d'un chercheur : d'une posture principalement d'explicitation à une posture de contradicteur. Ce changement de posture trouve un écho dans la posture de l'enseignant. Les postures d'explicitation et de confrontation à des possibles, identifiées au thème 3, amènent l'enseignant à formuler en discours des compétences d'évaluation de niveau 2 et 3 qui rendent compte d'une tension : d'une part il est important d'explicitation des objectifs dès le début de la séquence, d'autre part les élèves ne comprennent pas la formulation explicite des objectifs d'apprentissage, même en fin de séquence. Pour le chercheur 2, cette difficulté tient au fait que rendre nécessaire les concepts d'atome et de molécule ne constitue pas un objectif d'apprentissage mais une stratégie didactique (invariant

opérateur) car « c'est difficile à comprendre » (indice en situation). L'enseignant reconnaît qu'il s'agit de deux choses différentes, ce qui est un indice de la conceptualisation en cours à propos du concept didactique de « nécessité du savoir » (Orange, 2005). Ce concept de « nécessité du savoir » est en cours de pragmatisation : il faut rendre explicite aux élèves les objectifs, mais pas la stratégie « c'est difficile de comprendre » pour les élèves.

Ce court extrait des analyses montre que l'entrée par l'évaluation des élèves au travers de postures d'explicitation et de confrontation à des possibles permet, dans un premier temps, de rendre compte de la pratique de l'enseignant ce qui, dans un second temps, permet de faire émerger des tensions qui sont nécessaires aux processus de pragmatisation/conceptualisation.

L'analyse de l'ensemble du corpus permettra de présenter, lors de la communication, des facteurs du développement professionnel au regard de la dynamique des postures.

Références

- Allard, C., Horoks, J., et Pilet, J. (2022). Principes de travail collaboratif entre chercheur·e·s et enseignant·e·s : Le cas du LéA RMG. *Éducation et didactique*, 16- 1, 49- 66. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.9644>
- Clot, Y., et Faïta, D. (2000). Genre et style en analyse du travail : Concepts et méthodes. *Travailler*, 4, 7- 42.
- Colognesi, S., Van Nieuwenhoven, C., Runtz-Christan, E., Lebel, C., et Bélaïr, L. M. (2019). Un modèle de postures et d'interventions comme ensemble dynamique pour accompagner les pratiques en situation professionnelle. *Phronesis*, 8(1- 2), 5- 21. <https://doi.org/10.7202/1066581ar>
- Cross, D., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., et Tiberghien, A. (2009). Analyse de corpus vidéo d'une série de situations d'enseignement : Le découpage en thèmes. In C. Cohen-Azria & N. Sayac (Éds.), *Questionner l'implicite* (p. 101- 109). Presses universitaires du Septentrion. <https://doi.org/10.4000/books.septentrion.14665>
- DeLuca, C., Coombs, A., MacGregor, S. & Rasooli, A. (2019). Toward a differential and situated view of assessment literacy: Studying teachers' responses to classroom assessment scenarios. *Frontiers in Education*, 4(94). <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00094>
- Desgagné, S., Bednarz, N., Lebuis, P., Poirier, L., et Couture, C. (2002). L'approche collaborative de recherche en éducation : Un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation*, 27(1), 33- 64. <https://doi.org/10.7202/000305ar>
- Hervé, N., Gardiès, C., et Ducamp, C. (2018). Analyse d'un dispositif de recherche collaborative dans l'enseignement agricole. *RDST*, 17, 49- 72. <https://doi.org/10.4000/rdst.1675>
- Jorro, A. (2016). Postures et gestes professionnels de formateurs dans l'accompagnement professionnel d'enseignants du premier degré. *Ejournal de la recherche sur l'intervention en éducation physique et sport*, 38(1), 114-132. <https://doi.org/10.4000/ejrieps.906>
- Kermen, I. (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée : Savoirs et*

- modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes*. PUR.
- Lhoste, Y., et Schneeberger, P. (2018). Points de vue des acteurs de la formation des enseignants de SVT sur le développement professionnel des professeurs débutants. *RDST*, 17, 21- 48. <https://doi.org/10.4000/rdst.1648>
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques: *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, Vol. 38(3), 69- 94. <https://doi.org/10.3917/lstdle.383.0069>
- Paul, M. (2009). Accompagnement. *Recherche & formation*, 62, 91- 108. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.435>
- Pasquini, R. & Morales Villabona, F. (2022). Comment appréhender une littératie en évaluation pour documenter et comprendre le développement des compétences des enseignants ? *Revue canadienne de l'éducation*, 45(2), 512-554. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/5832>
- Pastré, P. (2011). Chapitre 5. La conceptualisation dans l'action : Un cadre théorique pour la didactique professionnelle. In P. Pastré, *La didactique professionnelle* (pp. 149-181). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.faber.2011.01>
- Uwamariya, A., et Mukamurera, J. (2006). Le concept de « développement professionnel » en enseignement : Approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(1), 133- 155. <https://doi.org/10.7202/012361ar>
- Vidal-Gomel, C., et Rogalski, J. (2007). La conceptualisation et la place des concepts pragmatiques dans l'activité professionnelle et le développement des compétences. *Activites*, 04(1). <https://doi.org/10.4000/activites.1401>
- Willis, J., Adie, L. et Klenowski, V. (2013). Conceptualising teachers' assessment literacies in an era of curriculum and assessment reform. *Australian Educational Researcher*, 40(2), 241–256. <https://doi.org/10.1007/s13384-013-0089-9>
- Xu, Y., et Brown, G. T. L. (2016). Teacher assessment literacy in practice: A reconceptualization. *Teaching and Teacher Education*, 58, 149-162. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.05.010>

Annexes

Annexe 1

Verbatim	Posture	Evaluation	Concepts
<p>Chercheur 1 : Oui, parce qu'après tu pourrais dire, pour ton évaluation finale sommative tu pourrais dire voilà les compétences que je vais évaluer, je pense qu'il faudra aider les élèves en leur disant ça correspond à l'activité 2 et 3, mettre en avant, au-delà des activités pour leur aider dans la secondarisation.</p> <p>Chercheur 2: Oui, c'est ça.</p>	Chercheurs : imaginer des possibles	Niveau 1 : importance de faire le lien entre des activités et les compétences qui leurs sont associées.	
<p>Enseignant: Oui, bien sûr, parce que ce que je fais c'est en séance d'exercice, en séance d'entraînement je leur dis vous serez évalués sur... quand on fait les exercices je leur dis sur cet exercice-là il y aura quelque chose qui va ressembler au contrôle, vous serez évalués sur la capacité de calculer tel ou tel truc ou de raisonner sur telle ou telle chose, mais c'est vrai que s'il y avait les compétences d'explicitées je pourrais directement surligner en disant telle compétence, telle compétence qui correspond à tel ou tel exo ou telle ou telle question, parce que je pense que c'est ce que je fais sans forcément énoncer les compétences.</p>	Posture enseignant : explicitation et imaginer des possibles	Niveau 1 : Il faut expliciter les objectifs des activités et les objectifs évalués	
<p>Chercheur 1 : Oui, parce que je me dis tu pourrais avoir à chaque fois un double regard « on a appris aujourd'hui que les molécules sont constituées d'atomes » et puis avoir aussi, en termes de compétences, à quoi ça correspond alors des fois c'est peut-être [inaudible 00:17:28], mais...</p>	Chercheur : imaginer des possibles	Niveau 1 : il est possible de préciser les objectifs en termes de contenu spécifique et de compétences plus transversales	
<p>Enseignant : Oui, comme je ne le faisais et je crois que c'est (Enseignant 2) qui m'avait fait la remarque en me disant en début d'activité... là, je crois que j'ai essayé de mettre en début de chaque activité « objectif de séance comprendre la nécessité de ça, expliquer les enjeux, repérer tel ou tel truc » et j'ai mis les compétences du programme. Je l'ai fait parce que je me suis dit, je le teste parce que c'est vrai que je ne le faisais pas, mais j'ai peur que ce soit vachement abstrait pour les élèves</p>	Enseignant : Explicitation Chercheur : Faire expliciter	Niveau 3 : intégration d'une proposition d'une collègue dans sa pratique en négociant les contraintes que cela génère	
<p>Chercheur 1 : En début de séance, forcément.</p>		Niveau 1 : En début de séance les élèves ne peuvent pas donner du sens aux objectifs	
<p>Enseignant 2 : Forcément, mais même en fin de séance je ne sais pas, après je pourrais transformer ça pour le faire sous forme de tableau, plutôt qu'en phrases et les élèves à la fin de l'activité cochent</p>	Enseignant : Imaginer des possibles	Niveau 2 : les élèves ont des difficultés à comprendre les objectifs même en fin de séance	
Changement de thème			
<p>Chercheur 2: Oui, parce qu'effectivement en début de séance c'est difficile à comprendre, mais effectivement y revenir, mais alors après tu as un truc « comprendre la nécessité du concept d'atome et de molécule » c'est ta stratégie un peu, je trouve ça vraiment intéressant cette idée de nécessité, mais en fait je ne sais pas si les élèves...</p>	Chercheur : Confrontation		Pragmatisation : Les objectifs d'apprentissage doivent être explicités mais pas les stratégies
<p>Enseignant : Oui, ce n'est pas vraiment une compétence.</p>	Enseignant : remise en question	Niveau 1 : Une stratégie n'est pas une compétence	Conceptualisation : Distinguer la nécessité du savoir comme une stratégie et pas un objectif d'apprentissage

Construction et circulation des savoirs et postures des acteurs dans une recherche collaborative

Lionel Pelissier¹, Christine Ducamp²

1 : Éducation, Formation, Travail, Savoirs, Université Toulouse Jean Jaurès

2 : Éducation, Formation, Travail, Savoirs, École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole de Toulouse-Auzeville, Université Toulouse Jean Jaurès

Résumé

En lien avec le symposium dans lequel elle souhaite s'inscrire, nous abordons dans cette proposition de communication la question de la circulation des savoirs dans les recherches collaboratives à partir du cadre théorique de l'action didactique conjointe. Une première partie expose les spécificités théoriques et conceptuelles sur la base desquelles nous envisageons de penser les recherches collaboratives comme espace de circulation et de co-construction de savoirs. Nous examinons ensuite de ce point de vue le cas d'une recherche collaborative portant sur la démarche d'investigation en physique-chimie. Les résultats permettent d'identifier une genèse de savoirs dans cette recherche collaborative, considérée comme une institution didactique particulière. Nous terminons par la mise en évidence de la spécificité des savoirs au regard du contexte propre à la recherche collaborative étudiée.

Mots-Clés : Recherche collaborative ; Démarche d'investigation ; Physique-chimie ; Savoirs.

Construction et circulation de savoirs au sein du groupe d'animation et de professionnalisation « Physique-Chimie » à l'ENSFEA

Symposium de rattachement : La place des savoirs didactiques dans les dispositifs collaboratifs

Résumé

En lien avec le symposium dans lequel elle souhaite s'inscrire, nous abordons dans cette proposition de communication la question de la circulation des savoirs dans des dispositifs collaboratifs, à partir du cadre théorique de l'action didactique conjointe. Une première partie expose les spécificités théoriques et conceptuelles sur la base desquelles nous envisageons de penser les recherches collaboratives comme espace de circulation et de co-construction de savoirs. Nous examinons ensuite de ce point de vue le cas d'une recherche collaborative portant sur la démarche d'investigation en physique-chimie. Les résultats permettent d'identifier une genèse de savoirs dans cette recherche collaborative, considérée comme une institution didactique particulière. Nous terminons par la mise en évidence de la spécificité des savoirs au regard du contexte propre à la recherche collaborative étudiée.

Contexte

Le rapprochement entre les mondes de la recherche en éducation et de l'enseignement est un enjeu politique éducatif important (Dulot, 2012 ; MEN, 2016), visant à améliorer l'efficacité de l'enseignement en tirant parti des expertises complémentaires de ces deux groupes, l'une relevant de la pratique d'enseignement, l'autre de la compréhension des phénomènes éducatifs. Dans ce sillage, le MAAF¹ a favorisé depuis 2012 dans le cadre de la formation des enseignants, la mise en place de GAP² structurés selon les disciplines d'enseignement, et constitués d'enseignants et de formateurs et/ou d'enseignants chercheurs de l'ENSFEA³. Un des objectifs affichés est, entre autres, que les enseignants participent à la création de ressources pédagogiques et à l'animation de formations continues.

Ainsi les enseignants et chercheurs partagent un espace commun de réflexion avec argumentations, interactions, explorations au travers de rencontres régulières et au cours desquelles l'articulation de différents types de connaissances, d'expériences et de croyances permet l'émergence de nouvelles significations tout au long du processus de co-construction d'une référence commune.

Dans cette communication, nous nous intéressons au travail conduit par le GAP Physique Chimie (PC) sur la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences.

¹ Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

² Groupe d'Animation et de Professionnalisation

³ ENSFEA : École Nationale Supérieure de Formation des Enseignant·es du ministère de l'Agriculture

Cadre théorique et questions de recherche

Ce dispositif fonctionne selon les trois principes d'une recherche collaborative (RC) (Desgagné, 1997, p. 372) : la co-construction d'une référence commune sur un objet commun, ici la démarche d'investigation (DI), des co-analyses à partir d'outils théoriques didactiques à différents moments de la RC et l'existence d'une médiation entre communauté de recherche et communauté de pratique sur plusieurs années, permettant de stabiliser des groupes de travail tant dans leur composition, leur questionnement, leurs méthodes de travail et objectifs collectifs.

Au regard de la finalité de cette RC, et compte tenu que sa particularité disciplinaire, ce contexte présente selon nous les traits d'une institution didactique (Ducamp et al, 2023 ; Hervé *et al*, 2018) : des savoirs y circulent entre praticiens et chercheurs⁴, s'y construisent conjointement *in situ* dans l'action et s'y valident collectivement (Sensevy, 2011).

Reprenant l'approche du savoir de Sensevy et Mercier (2007) en tant que « pouvoir d'agir », nous cherchons à identifier les savoirs en circulation et en construction qui répondent aux questions des enseignants relativement à leurs pratiques et les rôles qu'y jouent les différents acteurs. Ces savoirs relèvent de savoirs savants (les savoirs de la discipline, les principes de l'action didactique conjointe et les descripteurs de l'action de l'enseignant, etc.) ; des savoirs experts (sur la discipline d'enseignement, sur la pratique scientifique selon les contextes et son traitement didactique, sur la construction des milieux didactiques, etc.) et des savoirs personnels (gestes ou techniques didactiques notamment de direction d'étude via la conception des dispositifs, le choix des contenus, la lecture des prestations des élèves, l'accompagnement de l'étude, les régulations, l'institutionnalisation, etc.) (Johsua, 1998).

Méthodologie

Démarche de mise en œuvre de l'analyse didactique des pratiques

Lors des séminaires du GAP, les chercheurs s'emploient à placer les praticiens en position de réfléchir sur leurs pratiques, en appui d'une analyse didactique de situations d'enseignement.

Ce dispositif d'examen de la pratique d'un pair permet à chaque praticien de s'exercer à l'analyse outillée d'une situation réelle pour comprendre ce qui se passe dans la classe, et progressivement d'être en mesure de réfléchir sur sa propre pratique :

- du point de vue des savoirs (contenus - disciplinaires et DI - mis à l'étude et l'épistémologie de ces savoirs...)
- du point de vue de l'action didactique (interactions, milieux et contrats didactiques...)

Le travail collaboratif lors d'un séminaire alterne :

⁴ Les chercheurs de ce groupe sont aussi enseignants dans le supérieur. Nous appelons donc praticiens les enseignants du second degré impliqués dans le GAP

- des moments d'apports théoriques par les chercheurs en didactique des sciences ;
- la conception collective de séances à destination de la classe, nourrie de questionnements sur la problématisation du contexte et sur la question scientifique notamment ;
- la mise en œuvre de la séance de classe par un des praticiens : son enregistrement audiovisuel et les transcriptions verbatim des interactions verbales ;
- l'analyse didactique collective de certains moments de la séance, choisie collectivement, et guidée par un questionnaire de nature transpositif (Chevallard & Johsua, 1985) qui évolue progressivement au fil des séances : quels sont les savoirs mis à l'étude ? Comment le milieu d'étude avance-t-il ? Qui y contribue ? Quelle correspondance entre objet d'enseignement (DI) prescrit et réellement enseigné ? Quels sont les obstacles à l'apprentissage ? Quelles sont les techniques didactiques et pédagogiques utilisées par les praticiens ? Quels sont les effets de ces techniques en matière d'apprentissage ? ;
- la ré-écriture de moments clés du scénario de la séance de classe.

Recueil des données

Le GAP PC est constitué de six praticiens (expérimentés et novices) et de trois chercheurs en didactique des sciences. Nous avons collecté tous les documents écrits produits au fil des séances : compte-rendu des réunions préparatoires et des sessions de travail, documents d'appui ou bien produits par le collectif (diaporamas, articles, scénarios et fiches pédagogiques, vidéos et retranscriptions de séances filmées, capsules vidéos, etc.). Les séances et les analyses collectives associées sont ainsi institutionnalisées en tant que ressources pédagogiques. Nous avons complété ces données écrites par des questionnaires individuels et l'organisation de *focus groups* à deux moments de l'histoire du dispositif (mi-parcours et fin de la recherche collaborative).

La combinaison de ces données nous permet d'avoir accès à la mémoire du travail effectué et institutionnalisé, ainsi qu'aux points de vue et discours des acteurs sur celui-ci.

Résultats

À l'échelle d'une séance

L'exemple choisi illustre l'utilisation d'outils d'analyse didactique lors d'un séminaire. Nous avons structuré ce moment en quatre épisodes (Ducamp *et al.*, 2019) caractérisant l'activité des membres du GAP :

- Épisode 1 : visionnage de la séance filmée d'une démarche d'investigation animée en classe par Alexis, un des membres du GAP, et début d'analyse ; la situation de classe porte sur la caractérisation des espèces chimiques via des tests en classe de 2^{nde} (élèves de 16 ans).

- Épisode 2 : apports d'un des chercheurs sur les descripteurs de l'action didactique conjointe (contrat et milieu didactique, topogénèse) ;
- Épisode 3 : analyse d'un extrait de la vidéo de classe (visualisée lors de l'épisode 1) à l'aide des descripteurs de l'action conjointe ;
- Épisode 4 : élaboration collective d'une conclusion à propos des savoirs co-construits, conclusion qui constitue une référence commune du GAP.

Nous donnons ici les éléments principaux qui ressortent de l'épisode 3. Ce dernier se divise en trois moments : la description d'un extrait de séance par l'enseignant Alexis, l'analyse didactique de cet extrait par les chercheurs, et une discussion collective. Alexis présente l'extrait avec sa perspective personnelle et professionnelle. Les chercheurs analysent ensuite cet extrait, se concentrant sur la question du "protocole expérimental" que les élèves ont assimilé à une "recette". La discussion aboutit à un consensus : bien que les termes "recette" et "protocole" impliquent une succession de gestes techniques, "recette" (sens commun) peut être utilisé en début de séquence, tandis que "protocole" (sens scientifique) doit être introduit et utilisé par la suite en cours de chimie.

Les chercheurs notent l'incapacité, tant par l'analyse que par les échanges entre Alexis et les élèves, d'identifier la question à laquelle les élèves doivent répondre. Les savoirs chimiques (principe actif et excipient) pertinents au contexte de la DI (intoxication médicamenteuse) sont quasiment absents ; l'enjeu porte uniquement sur la compréhension du protocole et la mise en œuvre logique de tests chimiques. Les chercheurs soulignent que, dans ce cas, c'est le décodage du contrat (attentes de l'enseignant) plutôt que le milieu qui permet à l'élève d'avancer. Ils notent également des occasions manquées pour aborder les aspects épistémologiques du concept de protocole.

Du point de vue des savoirs experts co-construits

La discussion collective à l'issue de la séance décrite ci-dessus, conclut sur la nécessité de définir des termes tels que problématique, hypothèse, hypothèse explicative, théorie, modèle, question scientifique, observation, prédiction, prévision, protocole, protocole expérimental et recette. Pour se constituer une référence commune sur ces concepts, un glossaire collectif a été élaboré à la suite et institutionnalisé. Par exemple, il contient une définition de la « question scientifique » considérée comme un élément clé de la démarche d'investigation : *« formulation scientifique du problème : elle peut donc arriver à la fin du processus de problématisation et donc n'est pas forcément la première étape de la DI. Il y a donc une distance entre la situation déclenchante et la question scientifique qui correspond au cheminement de la problématisation : plus la situation déclenchante est enrobée, plus le cheminement est important pour formuler la question scientifique »*. Cette formulation, constituée d'éléments dont on peut estimer qu'ils relèvent de l'épistémologie des sciences (ex. : formulation scientifique) et de savoirs experts (« distance à la situation déclenchante, enrobage de la situation déclenchante ») illustre le caractère co-construit de ce glossaire.

Du point de vue des savoirs savants

Ce séminaire a permis aux praticiens de prendre conscience que l'analyse outillée (contrat-milieu, topogénèse) d'une séance permet de rendre compte de sa « consistance » didactique ; ils s'en sont progressivement approprié les concepts et la technique. De plus, leur

acculturation à l'analyse épistémologique des savoirs en jeu les ont enrichis en savoirs experts sur les processus d'enseignement-apprentissage des différentes disciplines.

Le travail sur l'épistémologie historique des différents concepts de physique/chimie travaillés au cours des DI (par exemple : transformation chimique, pression...) a permis aux praticiens de comprendre certaines difficultés liées à la genèse de ces concepts. Ceci a eu pour effet de les conduire à réfléchir à la pertinence de différentes situations à proposer aux élèves pour éviter de les confronter à des difficultés similaires.

Enfin, à travers la conception de dispositifs d'enseignement, la réflexion sur le choix de contenus, l'analyse de l'activité des élèves, les régulations lors de l'étude des élèves et l'institutionnalisation des savoirs en jeu, les enseignants ont construit un registre de savoirs personnels en matière de direction d'étude. Ce sont autant de ressources nouvelles qui viennent renforcer leurs pouvoirs d'agir, mobilisables au-delà des situations dans lesquelles les enseignants étaient accompagnés, et qui accroissent leurs compétences professionnelles.

Du point de vue des savoirs personnels

Nous notons une certaine évolution dans la maîtrise des savoirs disciplinaires chez les praticiens.

Les questions émergentes notées au compte-rendu de la discussion collective du séminaire étudié (ou précédent) ont guidé la réécriture collective de la situation initiale : (1) sur les actions de l'enseignant : quel est le rôle de l'enseignant ? quelle(s) posture(s) doit-il adopter ? Quelles sont les régulations à réaliser (quand, comment, à quel sujet) ? ; (2) sur les savoirs : concevoir un protocole expérimental en chimie est-il un savoir ? (3) sur la construction d'un problème scientifique : comment concevoir/mettre en œuvre une situation d'enseignement ?

On note ainsi, lors d'une séance postérieure, un énoncé d'Alexus au sujet de la nécessité de concevoir un scénario plus détaillé du déroulement de la séance : « *Il faut préparer un scénario en amont pour éviter d'être pris par le temps sur ces démarches qui peuvent être chronophages puis bien prendre les temps d'ouverture et de fermeture, c'est-à-dire les temps où l'élève travaille en autonomie et les temps où l'enseignant reprend la main pour les moments d'institutionnalisation* » (extrait de la capsule vidéo d'Alexus).

Conclusion

Nous avons entrepris d'analyser un dispositif collaboratif réunissant enseignants-chercheurs en didactique des sciences et enseignants de physique-chimie autour de la démarche d'investigation, du point de vue de la nature des savoirs qui y circulent et s'y construisent. Endossant une posture d'accompagnement, les chercheurs envisageaient un réel partage des savoirs (Ligozat & Marlot, 2016) tandis que les praticiens cherchaient à « accéder à des savoirs et des connaissances construits dans l'action par le biais de [leur] expérience et la transformation de [leur] activité » (Mattei-Mieusset, Emond & Boudreau, 2019, p.71). Il s'avère effectivement que le travail collaboratif a favorisé la mise en partage de connaissances « savantes » initialement importées par les chercheurs, dont les praticiens deviennent progressivement familiers, mais aussi de savoirs experts construits dans la collaboration et dont la validité tend à dépasser les frontières du dispositif (diffusion de ces savoirs lors de sessions de formations continues animées ultérieurement par les praticiens) et enfin, des savoirs personnels, essentiellement chez les enseignants.

La combinaison entre ces différents types de savoirs pourrait selon nous être à l'origine de la réduction observée de l'écart entre le projet d'enseignement négocié au sein du dispositif et le réalisé de la séance en termes de savoirs mis à l'étude. Ceci ouvre des perspectives engageantes au regard du développement de l'épistémologie scolaire et pratique des enseignants (Brousseau, 1998 ; Amade-Escot, 2001). Il nous semble ainsi que la mutualisation d'un objet d'étude entre chercheurs et praticiens (dans la mesure où cet objet de recherche pose problème aux praticiens), par la circulation de certains savoirs et la construction d'autres, contribue d'une part, à enrichir les situations didactiques par la prise en compte d'aspects que l'auto-référence entre pairs ne permet pas ; d'autre part, à participer à une évolution vers une sorte d'hybridation des pratiques (Hamza *et al.*, 2018).

En somme, au regard de ce qui s'y construit et y circule, nous pouvons considérer le dispositif collaboratif comme une institution didactique particulière dans laquelle les positions topogénétiques sont réparties, parfois redistribuées, toujours interrogées pour créer « un espace de croisement des compréhensions entre enseignants et chercheurs » (Bednarz, 2015, p.182).

Bibliographie

- Amade-Escot, C. (2001). De l'usage des théories de l'enseignant : questions de l'étude des contrats didactiques en éducation physique. Dans A. Mercier, G. Lemoyne & A. Rouchier (dir), *Le génie didactique ; usages et mésusages des théories de l'enseignement* (p. 22-41). Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck.
- Bednarz, N. (2015). La recherche collaborative. *Carrefours de l'éducation*, 39, 171-184.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques : didactique des mathématiques*. Grenoble, France : Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. & Johsua, M. A. (1985). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Paris, France : La Pensée Sauvage.
- Desgagné, S. (1997). Le concept de recherche collaborative : l'idée d'un rapprochement entre chercheurs universitaires et praticiens enseignants. *Revue des sciences de l'éducation*, 23(2), 371-393.
- Ducamp, C., Verscheure, I., Amans-Passaga, C. & Pélissier, L. (2023, in press). Genèse des savoirs dans les recherches collaboratives au prisme de l'action didactique conjointe : illustrations en EPS et en Physique-Chimie. Dans Wozniak, F. & O'Connell, A-M. (coord.). *La genèse des savoirs dans les recherches collaboratives: perspectives didactiques*. Toulouse, France : Cepadues.
- Ducamp, C., Hervé, N., Lécureux-Têtu, M.H. & Pelissier, L. (2019). Modélisation par l'action didactique conjointe des activités de recherche collaborative et scientifique. Actes du 1er congrès de la TACD : la TACD en questions, questions à la didactique, Rennes, 25-27 juin 2019, 1, 36-51. URL <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02366905>.
- Dulot, A. (2012). *Refondons l'école de la république*. Rapport de la concertation. Paris, France : Ministère de l'Éducation nationale.
- Hamza, K., Palm, O., Palmqvist, J., Piqueras, J. & Wickman, P.-O. (2018). Hybridization of practices in teacher-researcher collaboration. *European Educational Research Journal*, 17(1), 170-186.
- Hervé, N., Gardies, C., Ducamp, C. (2018). Analyse d'un dispositif de recherche

- collaborative dans l'enseignement agricole. RDST (en ligne). Editions de l'ENS Lyon. URL <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01871203>.
- Johsua, S. (1998). Des « savoirs » et de leur étude : vers un cadre de réflexion pour l'approche didactique. Dans AFIRSE, *L'année de la recherche en sciences de l'éducation* (pp. 1-15). Paris, France : PUF.
- Ligozat, F. & Marlot, C. (2016). Un espace interprétatif partagé entre l'enseignant et le didacticien est-il possible ? Développement de séquences d'enseignement scientifique à Genève et en France. *Raisons éducatives*, 20(20), 143-163. <http://hdl.handle.net:20.500.12162/1563>
- Mattei-Mieusset, C., Emond, G. & Boudreau, P. (2019). Quel développement professionnel pour des enseignants associés dans une formation de type recherche-action participative ? *eJRIEPS. Ejournal de la recherche sur l'intervention en éducation physique et sport*, 45.
- MEN (2016). La mise en place des écoles supérieures du professorat et de l'éducation au cours de l'année 2015-2016. Rapport de l'inspection générale de l'éducation nationale.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir*. Bruxelles : De Boeck
- Sensevy, G. & Mercier, A. (2007) (dir.). *Agir ensemble. L'action conjointe du professeur et des élèves dans le système didactique*. Rennes : PUR.

Raisonnement spatial et STIM

Sophie Charles*^{1,2}

¹Bien-être, Organisations, Numérique, Habitabilité, Éducation, Universalité, Relation, Savoirs –
Université de Cergy Pontoise : EA7517 – France

²ISAE-Supméca – ISAE-Supméca – France

Résumé

L'évaluation de compétences de raisonnement spatial est au centre de questions sur le développement cognitif d'élèves, dont leur caractère prédictif de la performance et l'orientation dans les disciplines sciences, technologie, ingénierie et mathématiques (Newcombe, 2017). Ce lien est décrit comme pertinent à différentes étapes de la vie scolaire (Mix et al., 2016), académique et professionnelle (Wai et al., 2009). Ce constat a encouragé l'étude des sources de développement de ces compétences déterminantes. Ces investigations ont permis d'établir leur caractère malléable (Uttal et al., 2013). Ainsi, on observe le bénéfice de la pratique de la modélisation volumique dans la progression à des tests psychométriques visant à mesurer des habiletés spatiales spécifiques (Martin-Dorta et al., 2008). Alors que l'on assiste à l'apparition des premières solutions de conception générative pilotée par l'intelligence artificielle, peut-on y observer de nouvelles opportunités de développement du raisonnement spatial ?

Mots-Clés: Raisonnement spatial, STIM, Performance scolaire, Intelligence artificielle

Raisonnement spatial et STIM

Communications

Communication 1

- Compétences spatiales et performance en STIM au collège

Communication 2

- Habiletés spatiales et performance dans les STIM en contexte sénégalais

Communication 3

- Enhancing spatial reasoning with generative artificial intelligence in STEM education: The implications of text-based prompts

Discutante

Pascale Brandt-Pomares

Présentation du symposium

L'évaluation de compétences de raisonnement spatial est au centre de questions sur le développement cognitif d'élèves, et plus particulièrement sur leur caractère prédictif de la performance et l'orientation dans les disciplines Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques (STIM) (Newcombe, 2017). Ce lien est décrit comme pertinent à différentes étapes de la vie scolaire (Mix *et al.*, 2016), académique et professionnelle (Wai *et al.*, 2009), que cela concerne la performance globale en STIM, e.g. apprentissage de la dentisterie (Hegarty *et al.*, 2009), de la chimie (Bodner et Guay, 1997) ou encore de la géologie (Gold *et al.*, 2018) en début de licence, ou la performance à des tâches spécifiques dans ces disciplines, e.g. calcul de fractions en sixième (Mix *et al.*, 2016), modélisation volumique d'un objet à partir de dessins techniques en fin de licence et en début de master (Branoff et Dobelis, 2012). Ce constat a encouragé l'étude de sources de développement de ces compétences déterminantes, qu'elles apparaissent de manière indirecte dans la sphère privée ou qu'elles soient ancrées volontairement dans la sphère éducative. Ainsi, on observe une meilleure performance spatiale chez des étudiants ayant pratiqué les jeux vidéo et/ou les jeux de construction dans l'enfance et l'adolescence (Charles, 2023; Gold *et al.*, 2018), ou suivi des enseignements visant à développer les habiletés spatiales comprenant l'apprentissage du dessin technique (Veurink *et al.*, 2009) ou de la modélisation 3D (Martín-Dorta *et al.*, 2008). Selon la théorie des réseaux de médiation cognitive de Souza *et al.* (2024), la cognition est produite en partie par nos interactions avec les outils : l'émergence de nouveaux outils développerait de nouveaux schémas mentaux, dont le raisonnement spatial. L'apparition des premières solutions de conception générative pilotée par l'Intelligence Artificielle (IA), dans lesquelles les concepteurs définissent des spécifications prises en charge par l'IA pour générer un

modèle, nécessiterait la maîtrise d'éléments techniques d'interaction avec cette technologie (de Souza *et al.*, 2024). À l'instar des dispositifs pédagogiques s'appuyant sur la modélisation volumique, peut-on y observer de nouvelles opportunités de développement du raisonnement spatial ? De nombreuses investigations de l'efficacité de dispositifs pédagogiques visant le développement des habiletés spatiales ont permis d'établir le caractère malléable de ces compétences (Uttal *et al.*, 2013), qui sont déterminantes pour l'orientation et la réussite en STIM (Wai *et al.*, 2009). Bien que l'on ne puisse encore établir d'effets de grande taille de ces dispositifs sur la réussite dans ces disciplines, des effets de petite taille pourraient être utiles pour augmenter le nombre et la rétention d'étudiants dans ces disciplines (Stieff et Uttal, 2015), dont la pénurie a été constatée dans les pays membres de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OECD, 2022).

Ce symposium explore la relation prédictive établie entre performance spatiale et performance en STIM (Wai *et al.*, 2009) dans des contextes jusqu'à présent peu investigués comme celui de la France et du Sénégal, à différents niveaux d'apprentissage. La première communication s'intéresse aux liens entre scores spatiaux obtenus à un test de rotation mentale, le *Mental Rotation Test* (Vandenberg et Kuse, 1978), et un test de transformation mentale, le *Santa Barbara Solids Test* (Cohen et Hegarty, 2012), et performance en mathématiques, sciences et technologie pour des élèves de sixième français. La seconde étude investigate la relation entre la performance à un test de visualisation spatiale, le *Purdue Spatial Visualization Test: Rotations* (Guay, 1976), et celle à un examen de technologie mécanique pour des étudiants sénégalais en première année de licence technologique. Alors que les deux premières communications confirment les résultats internationaux, la troisième communication explore la possible contribution de la pratique des grands modèles de langage dans une tâche de modélisation à la performance spatiale, mesurée au moyen du test de rotation mentale le *Revised Purdue Spatial Visualization Test: Rotations* (Yoon, 2011).

Références

- Bodner, G. et Guay, R. B. (1997). The Purdue Visualization of Rotations Test. *The Chemical Educator*, 2(4), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00897970138a>
- Branoff, T. et Dobelis, M. (2012). The Relationship between Spatial Visualization Ability and Students' Ability to Model 3D Objects from Engineering Assembly Drawings. *Engineering Design Graphics Journal*, 76(3), 37-43.
- Charles, S. (2023). *Habilité spatiale et stratégies de modélisation 3D* [thèse de doctorat, CY Cergy Paris Université, Cergy-Pontoise, France]. <https://hal.science/tel-04097396>
- Cohen, C. A. et Hegarty, M. (2012). Inferring cross sections of 3D objects: A new spatial thinking test. *Learning and Individual Differences*, 22, 868-874.
- de Souza, B. C., Serrano de Andrade Neto, A. et Roazzi, A. (2024). The generative AI revolution, cognitive mediation networks theory and the emergence of a new mode of mental functioning: Introducing the Sophotechnic Mediation scale. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 2(1), 100042.

- <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100042>
- Gold, A. U., Pendergast, P. M., Ormand, C. J., Budd, D. A., Stempien, J. A., Mueller, K. J. et Kravitz, K. A. (2018). Spatial skills in undergraduate students—Influence of gender, motivation, academic training, and childhood play. *Geosphere*, 14(2), 1-16. <https://doi.org/10.1130/GES01494.1>
- Guay, R. B. (1976). *Purdue Spatial Visualization Test: Rotations*. Purdue Research Foundation.
- Hegarty, M., Keehner, M., Khooshabeh, P. et Montello, D. R. (2009). How spatial abilities enhance, and are enhanced by, dental education. *Learning and Individual Differences*, 19(1), 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.04.006>
- Martín-Dorta, N., Saorín, J. L. et Contero, M. (2008). Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 97(4), 505-513. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00996.x>
- Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y.-L., Young, C., Hambrick, D. Z., Ping, R. et Konstantopoulos, S. (2016). Separate but correlated: The latent structure of space and mathematics across development [manuscrit accepté]. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(9), 1-77. <https://doi.org/10.1037/xge0000182>
- Newcombe, N. (2017). *Harnessing Spatial Thinking to Support Stem Learning* (OCED Education Working Paper No. 161). OECD. <https://doi.org/10.1787/7d5dcae6-en>
- OECD. (2022). *Skills for Jobs 2022 - Key Insights* (p. 1-16). OECD. <https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org/press.php>
- Stieff, M. et Uttal, D. (2015). How Much Can Spatial Training Improve STEM Achievement? *Educational Psychology Review*, 27(4), 607-615. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9304-8>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C. et Newcombe, N. S. (2013). The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352-402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Vandenberg, S. G. et Kuse, A. R. (1978). Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>
- Veurink, N. L., Hamlin, A. J., Kampe, J. C. M., Sorby, S. A., Blasko, D. G., Holliday-Darr, K. A., Kremer, J. D. T., Harris, L. V. A., Connolly, P. E., Sadowski, M. A., Harris, K. S., Brus, C. P., Boyle, L. N., Study, N. E. et Knott, T. W. (2009). Enhancing Visualization Skills-Improving Options and Success (EnViSIONS) of Engineering and Technology Students. *Engineering Design Graphics Journal*, 73(2), 1-17.
- Wai, J., Lubinski, D. et Benbow, C. P. (2009). Spatial Ability for STEM Domains: Aligning over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
- Yoon, S. Y. (2011). *Psychometric properties of the Revised Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (the Revised PSVT:R)* [thèse de doctorat, Purdue University, West Lafayette, États-Unis d'Amérique]. <https://search.proquest.com/openview/e5c5ec5adee291928859d5158fa37e20/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

Compétences spatiales et performance en STIM au collège

Sophie Charles^{1,2}

1 : Bien-être, Organisations, Numérique, Habitabilité, Éducation, Universalité, Relation, Savoirs,
Université de Cergy Pontoise

2 : ISAE-Supméca

Résumé

L'évaluation des habiletés spatiales est au centre de questions sur le développement cognitif d'élèves et leur performance scolaire (Mix *et al.*, 2016). Si ces habiletés ont été liées à la performance en mathématiques pour des élèves de maternelle, d'école primaire et de collège, elles sont aussi prédictives de réussite dans les filières académiques et professionnelles en Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques (STIM) (Wai *et al.*, 2009). Dans le cadre du programme e-FRAN EXAPP_3D, notre recherche s'est portée sur les possibles contributions des compétences spatiales à la performance dans les études d'ingénierie (Charles, 2023). Elle a confirmé le caractère prédictif de la performance à des tests spatiaux de la performance à des évaluations en première année d'école d'ingénieurs. Après avoir construit notre protocole expérimental auprès d'étudiants ingénieurs, nous l'avons mis à l'échelle pour notre cible principale, les élèves du collège, à l'aide d'outils de mesure des compétences spatiales adaptés. Nos résultats confirment le lien entre performance spatiale et performance scolaire en STIM pour des élèves de sixième.

Mots-Clés : Habiletés spatiales ; STIM ; Performance scolaire.

Compétences spatiales et performance en STIM au collège

Symposium de rattachement : Raisonnement spatial et STIM

Introduction

L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) publie régulièrement un état des lieux des compétences et domaines professionnels les plus en demande. Les rapports de 2018 et 2022 (OCDE, 2018, p. 15, 2022, p. 5) font état d'un manque substantiel de personnes possédant des connaissances médicales et scientifiques. Parallèlement, Newcombe (2017, p. 7) invite l'OCDE à s'intéresser au rôle déterminant de compétences spécifiques dans la réussite de l'acquisition des connaissances dont l'organisation a constaté la pénurie. Selon elle, ces compétences relèvent de l'intelligence spatiale et concernent la localisation des objets, leurs formes, les relations qu'ils entretiennent, et les chemins qu'ils prennent lorsqu'ils bougent (p. 6). Des recherches (Uttal *et al.*, 2013, p. 370) ont mis en évidence leur caractère malléable, alors que leur apprentissage formel est peu observé dans les programmes scolaires (Duroisin, 2015, p. 155-156; Maier, 1996, p. 69). Ce constat offre-t-il des perspectives de prise en compte de la pertinence de ces compétences dans le développement cognitif des élèves ? Il convient dans un premier temps de vérifier la conformité des résultats précédemment cités auprès d'apprenants dans un contexte français, peu investigué (Houdement, 2019, p. 13).

État de l'art

La recherche sur la relation liant compétences spatiales et performance en Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques (STIM) prend ses racines dans les besoins pour des institutions militaires et éducatives aux États Unis d'Amérique (EUA) et au Royaume Uni d'évaluer et de sélectionner des sujets aux compétences désirables pour les filières professionnelles ou scolaires dont elles ont la charge (Eliot, 1983, p. 2). Pour ce faire, elles ont recours à des tests psychométriques conçus pour mesurer un trait psychologique spécifique. Le lien entre la performance à ces outils de mesure des habiletés spatiales et la performance en STIM a été établi dans l'étude de Wai *et al.* (2009, p. 827), grâce aux données recueillies dans le projet *Talent* (Flanagan *et al.*, 1961) : la recherche, qui a porté sur 346 665 sujets, met en évidence la valeur prédictive de scores spatiaux recueillis à l'adolescence de la réussite académique et professionnelle en STIM. Mix *et al.* (2016, p. 43) constatent un lien entre performance spatiale et performance en mathématiques dès le plus jeune âge : ils observent des corrélations significatives entre des scores spatiaux et la capacité à réaliser des tâches mathématiques spécifiques chez des élèves de maternelle, de CE2 et de sixième aux EUA. Selon Coutat et Berney (2023, p. 60), ces compétences renvoient au champs de la psychologie cognitive et sont à distinguer des connaissances spatiales (Berthelot et Salin, 1992, p. 9), qui renvoient au champs de la didactique des mathématiques.

Selon Tartre (1990, p. 30-37), les compétences spatiales concernent la capacité à réussir quatre types de tâches (Figure 1 en Annexe). Le premier relève des tâches dans lesquelles on manipule mentalement la totalité d'un objet, capacité nommée rotation mentale. Le second relève de celles dans lesquelles on manipule mentalement une partie d'un objet, compétence appelée

transformation mentale. Tartre décrit d'autre part des tâches dans lesquelles on doit comprendre la totalité de la représentation d'un objet ou d'un changement perceptuel d'une représentation à une autre, et celles dans lesquelles il faut comprendre la relation entretenue entre un élément et le tout dont il fait partie. À ces tâches correspondent des tests spatiaux visant à les mesurer. Ainsi, le *Mental Rotation Test* (MRT) (Vandenberg et Kuse, 1978) vise à mesurer la rotation mentale, le *Santa Barbara Solids Test* (SBST) (Cohen et Hegarty, 2012) la transformation mentale, le *Purdue Spatial Visualisation Test: Visualization of Views* (PSVT:V) (Guay, 1976) le changement de perspective, et le *Closure Flexibility Test* (CFT) (Thurstone et Jeffrey, 1965) la capacité à dissocier un élément intriqué dans un motif complexe. D'autres tests encore présentent un ensemble de tâches relevant du raisonnement spatial : c'est le cas du *Spatial Reasoning Instrument* (SRI) (Ramful *et al.*, 2017, p. 7), qui vise à mesurer la rotation mentale, l'orientation spatiale et la visualisation spatiale.

Problématique

La relation mise en évidence entre capacité à réaliser des tâches de nature spatiale, évaluée par des tests psychométriques spécifiques, et performance en STIM, évaluée dans des tâches spécifiques ou de manière globale, concerne des apprenants à différentes étapes de leur apprentissage. Ces liens sont cependant peu explorés dans le contexte français. Dans le cadre du programme e-FRAN, notre recherche s'est portée sur les possibles contributions des compétences spatiales à la performance dans les études d'ingénierie (Charles, 2023). Si la cible principale est celle de collégiens, l'ensemble du protocole de recherche s'est construit expérimentalement avec des élèves ingénieurs, afin de contrôler au mieux les variables exogènes. Cette première étude a confirmé le caractère prédictif de la performance à des tests spatiaux de la performance à des évaluations en études d'ingénierie (Charles *et al.*, 2019, p. 244). Ce résultat invite à en vérifier la conformité auprès du public cible du projet e-FRAN EXAPP_3D, qui est moins spécialisé et moins généré, en adaptant le protocole expérimental. Un résultat similaire inviterait à considérer la prise en compte de ces compétences dans le développement cognitif des élèves et de leur contribution à la réussite en STIM dans le secondaire : après avoir identifié les activités d'apprentissage mettant en jeu ces compétences, des dispositifs pédagogiques dédiés à leur développement pourraient être envisagés.

Méthodologie

Les données utilisées dans ce travail sont issues d'une étude visant à investiguer l'impact de la pratique de modeleurs volumiques en cours de technologie sur la performance spatiale de collégiens en classe de sixième (Charles et Jaillet, 2023). L'ensemble des figures et tableaux se trouvent en Annexe.

Expérimentation 1

Une première expérimentation a eu lieu en mai 2022 auprès de 94 élèves de sixième ($N_F = 45$ [48 %] filles et $N_G = 49$ [52 %] garçons) dans un collège du nord de la France dans le but de valider le choix de tests spatiaux pour des élèves de ce niveau. Il s'est porté sur le SRI, le SBST et le CFT pour plusieurs raisons : le SRI est conçu pour prendre en compte les concepts spatiaux couverts dans les curriculums de mathématiques d'élèves âgés de 11 à 13 ans (Ramful

et al., 2017, p. 6) et présente des questions relevant des quatre facteurs de Tartre. Le SBST présente des formes moins complexes que celles présentées dans le *Mental Cutting Test* (College Entrance Examination Board, 1939) que nous avons utilisé pour des élèves ingénieurs, et la présence de couleurs distinctes pourrait faciliter la compréhension des représentations. Le CFT doit sa difficulté au nombre élevé de problèmes à résoudre en un temps très limité, mais les tâches en elles-mêmes ne présentent pas de difficulté particulière. L'expérimentation a eu lieu pendant des cours de mathématiques, de sciences de la vie et de la terre (SVT) et de technologie, après avoir sollicité des enseignants, ainsi que l'accord du proviseur et des parents. Dû aux contraintes de temps, nous avons choisi de limiter le temps de passage du SRI à 20 minutes, celui du SBST à 10 minutes et de maintenir les 10 minutes du CFT. Les trois tests ont été traduits en français et sont illustrés au travers d'exemples de questions dans le Tableau 1.

Cette première expérimentation nous a permis de constater chez trois [3 %] élèves des difficultés à comprendre les instructions écrites précédant les problèmes présentés dans le SRI : ce test visant à mesurer différents facteurs, des instructions différentes précèdent chaque question. Nous avons de plus constaté que 5 [5,5 %] des élèves ne parvenaient pas à terminer le SBST dans les 10 minutes imparties.

Expérimentation 2

Une seconde expérimentation a eu lieu auprès de 102 élèves de sixième dans un collège parisien en octobre 2022. Nous décidons d'écarter le SRI en raison des difficultés de lecture rencontrées lors de la première expérimentation et d'étendre le temps de passation du SBST à 15 minutes. Nous optons pour le MRT car son temps d'administration est court et qu'il est décrit dans la littérature (Hoyek *et al.*, 2012, p. 2) comme adapté à des collégiens. Le temps d'administration global a pris plus de temps que prévu et n'a pas permis le passage du CFT. La même expérimentation a été eu lieu en mars 2023, car nous cherchions à identifier les effets d'enseignements de modélisation volumique sur les performances spatiales (Charles et Jaillet, 2023). Les moyennes scolaires des élèves ont été collectées auprès de la direction. Nous avons retenu les données des 97 élèves ($N_F = 51$ [52,5 %] filles et $N_G = 46$ [47,5 %] garçons) présents aux deux recueils.

Traitement des données scolaires

Les moyennes des deux premiers trimestres de SVT, de physiques chimie et de technologie ont été fusionnées pour former une moyenne Sciences et Technologie (ST). Trois groupes de niveaux ont été déterminés selon la distribution des notes : les notes inférieures au quartile 1 ont été considérées faibles, les notes comprises entre le quartile 1 et le quartile 3 de niveau moyen et les notes supérieures au quartile 3 élevées. La même procédure a été suivie pour les mathématiques.

Traitements statistiques

Les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel SPSS (version 28.0). La distribution des scores du SBST au premier ($M = 12,52$; $ET = 4,83$) et au second ($M = 15,10$; $ET = 5,42$) recueil est caractérisée par une distribution gaussienne (Figures 2 et 3). La

distribution des scores du MRT au premier ($M = 5,81$; $ET = 4,03$) et au second ($M = 7,99$; $ET = 4,66$) recueils est caractérisée par un étalement important des scores élevés et un

resserrement des scores faibles, soit environ 80 % des élèves au premier recueil et environ 65 % au second (Figures 4 et 5).

La distribution des moyennes de mathématiques ($M = 13,35$; $ET = 4,41$) est caractérisée par un étalement important des notes faibles et modérées et un resserrement des notes élevées qui représentent environ la moitié des élèves (Figure 6). La distribution des moyennes de ST ($M = 13,20$; $ET = 3,66$) est similaire avec cependant un manque de continuité dans les notes très faibles (Figure 7).

En raison de l'absence de normalité des distributions des données vérifiée au moyen du test de Shapiro-Wilk (Shapiro et Wilk, 1965) (Tableau 2), le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis (Kruskal et Wallis, 1952) a été utilisé pour comparer la performance aux tests spatiaux en regard du niveau de mathématiques et du niveau de ST des élèves aux deux recueils.

Résultats et discussion

SBST

Au premier recueil, on observe une absence de résultat significatif concernant la performance au SBST et la moyenne de mathématiques des deux premiers semestres (Tableau 3). En revanche, on observe un résultat très significatif ($p < 0,001$) pour la performance en ST : la performance au test de transformation mentale va croissante avec le niveau de sciences et technologie (Figure 10). Au second recueil, on observe un lien significatif entre performance au SBST et performance en mathématiques ($p = 0,007$), ainsi que performance en ST ($p = 0,003$). On observe une performance au test de transformation mentale croissante selon le niveau de mathématiques et le niveau de ST (Figures 9 et 11). Ces résultats confirment partiellement ceux de Mix *et al.* (2016) qui trouvent une corrélation entre performance spatiale et tâches en mathématiques : il se peut que les tâches retenues par les auteurs aient toutes entretenues une relation avec les compétences mobilisées dans les tests spatiaux utilisés dans leur étude, à la différence de notre expérimentation qui a fait usage de tests différents et de moyennes pour lesquelles nous ne connaissons pas la nature des évaluations englobées.

MRT

Au premier recueil, on observe un résultat très significatif ($p = 0,001$) concernant la performance au MRT et la moyenne de mathématiques des deux premiers semestres. Il en est de même pour la performance en ST ($p = 0,001$) : les scores du test de rotation mentale vont croissant avec le niveau de mathématiques et le niveau de ST (Figures 12 et 14). Au second recueil, on observe à nouveau un lien très significatif entre performance au MRT et performance en mathématiques ($p = 0,001$), ainsi que performance en ST ($p < 0,001$). On observe une performance au test de rotation mentale croissante selon le niveau de mathématiques et le niveau de ST (Figures 13 et 15). Ces résultats confirment ceux de Mix *et al.* (2016) et l'étendent aux tâches couvertes dans les enseignements de ST pour des élèves de sixième.

Limites et perspectives

La première séance de test à Paris a eu lieu alors que les élèves s'appropriaient l'environnement du collège et nous avons observé empiriquement des manifestations de la capacité à se mettre au travail différentes de celles constatées en mai. Il se peut que la première prise de performance mesure des compétences relatives à la maturité, aussi bien qu'au raisonnement spatial. Les tests que nous avons utilisés à Paris relevant tous les deux de manipulation mentale, nous souhaiterions pouvoir étendre notre batterie à des tests visant la compréhension d'objets, c'est-

à-dire le second facteur du modèle de Tartre (1984), car c'est pour le CFT, un test de dissociation, que nous avons mis en évidence le plus grand nombre de relations significatives avec des tâches de modélisation volumique en école d'ingénieurs dans nos travaux de thèse (Charles, 2023).

Conclusion

Nos premiers résultats mettent en évidence la pertinence du SBST et du MRT pour mesurer les capacités de jeunes adolescents à résoudre des problèmes de nature spatiale. Ils soulignent de plus une relation significative entre ces compétences et la performance en mathématiques et ST de sixième. Bien que ces résultats confirment les précédentes conclusions (Mix *et al.*, 2016; Wai *et al.*, 2009), ils n'établissent pas de causalité entre performance spatiale et réussite en STIM. Des travaux (Sorby *et al.*, 2013; Sorby, 2005; Veurink *et al.*, 2009) mettent par ailleurs en évidence l'effet de dispositifs de développement de ces compétences sur la persistance et la réussite dans l'étude des STIM. Nos résultats invitent à considérer la prise en compte de ces compétences dans le développement cognitif des élèves et de leur contribution à la réussite en STIM dans le contexte français. Une caractérisation fine des tâches évaluées dans les moyennes mises en regard avec les scores spatiaux pourrait permettre d'identifier les activités d'apprentissage mettant en jeu ces compétences et de prévoir d'éventuels dispositifs pédagogiques dédiés à leur développement.

Bibliographie

- Berthelot, R. et Salin, M. H. (1992). *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire* [thèse de doctorat, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, France]. <https://theses.hal.science/tel-00414065>
- Charles, S. (2023). *Habilité spatiale et stratégies de modélisation 3D* [thèse de doctorat, CY Cergy Paris Université, Cergy-Pontoise, France]. <https://hal.science/tel-04097396>
- Charles, S. et Jaillet, A. (2023, 3 avril). *Apprend-on en passant des tests ?* [communication]. ADMEE-Europe 34e colloque - Évaluer les apprentissages : continuités et ruptures, Université de Mons, Mons, Belgique. <https://www.admee2023.be>
- Charles, S., Jaillet, A., Peyret, N., Jeannin, L. et Rivière, A. (2019). Exploring the relationship between spatial ability, individual characteristics and academic performance of first-year students in a French engineering school. Dans *47th SEFI Annual Conference Proceedings* (p. 235-248).
- Cohen, C. A. et Hegarty, M. (2012). Inferring cross sections of 3D objects: A new spatial thinking test - ScienceDirect. *Learning and Individual Differences*, 22, 868-874.
- College Entrance Examination Board. (1939). *Special Aptitude Test in Spatial Relations (Mental Cutting Test)*. College Entrance Examination Board.
- Coutat, S. et Berney, S. (2023). Connaissances spatiales et habiletés visuo-spatiales - croisement de deux paradigmes pour mieux comprendre les enjeux d'enseignement et d'apprentissage en géométrie. Dans F. Vandebrouck et M.-L. Gardes (dir.), *Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques. Volume des séminaires et posters des actes de EE21* (p. 59-68). IREM de Paris – Université Paris Cité. <http://docs.irem.univ-paris-diderot.fr/up/ACTESE21.pdf>
- Duroisin, N. (2015). *Quelle place pour les apprentissages spatiaux à l'école ? Etude expérimentale du développement des compétences spatiales des élèves âgés de 6 à 15 ans* [thèse de doctorat, Université de Mons, Mons, Belgique].

- <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01152392>
- Eliot, J. (1983). Historical background. Dans *An international directory of spatial tests* (p. 1-10). NFER-Nelson.
- Flanagan, J. C., Dailey, J. T., Shaycoft, M. F., Gorham, W. A., Orr, D. B., Goldberg, I. et Neyman JR, C. A. (1961). *Project TALENT*. Project Talent Office.
- Guay, R. B. (1976). *Purdue Spatial Visualization Test - Visualization of Views*. Purdue Research Foundation.
- Houdement, C. (2019). Le spatial et le géométrique : le yin et le yang de l'enseignement de la géométrie. Dans S. Coppée, E. Roditi, V. Celi et Chellougi (dir.), *Nouvelles perspectives en didactique : géométrie, évaluation des apprentissages mathématiques - XIXe école d'été de didactique des mathématiques 2017 : vol. 1* (p. 19-45). La pensée sauvage. <https://hal.science/hal-03201021>
- Hoyek, N., Collet, C., Fargier, P. et Guillot, A. (2012). The Use of the Vandenberg and Kuse Mental Rotation Test in Children. *Journal of Individual Differences*, 33(1), 62-67. <https://doi.org/10.1027/1614-0001/a000063>
- Kruskal, W. H. et Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583-621. <https://doi.org/10.2307/2280779>
- Maier, P. H. (1996). Spatial geometry and spatial ability—How to make solid geometry solid. Dans *Selected papers from the Annual Conference of Didactics of Mathematics* (p. 63-75).
- Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y.-L., Young, C., Hambrick, D. Z., Ping, R. et Konstantopoulos, S. (2016). Separate but correlated: The latent structure of space and mathematics across development [manuscrit accepté]. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(9), 1-77. <https://doi.org/10.1037/xge0000182>
- Newcombe, N. (2017). *Harnessing Spatial Thinking to Support Stem Learning* (OCED Education Working Paper No. 161). OECD. <https://doi.org/10.1787/7d5dcae6-en>
- OECD. (2018). *Skills for Jobs* (p. 1-28). OECD. https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org/data/Skills%20sfj_PDF%20for%20WEBSITE%20final.pdf
- OECD. (2022). *Skills for Jobs 2022 - Key Insights* (p. 1-16). OECD . <https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org/press.php>
- Ramful, A., Lowrie, T. et Logan, T. (2017). Measurement of Spatial Ability: Construction and Validation of the Spatial Reasoning Instrument for Middle School Students. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35(7), 709-727. <https://doi.org/10.1177/0734282916659207>
- Shapiro, S. S. et Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611. <https://doi.org/10.2307/2333709>
- Sorby, S. A. (2005). Impact of changes in course methodologies on improving spatial skills. *Journal of Geometry and Graphics*, 99-105.
- Sorby, S. A., Casey, B., Veurink, N. et Dulaney, A. (2013). The role of spatial training in improving spatial and calculus performance in engineering students. *Learning and*

Individual Differences, 26(Supplement C), 20-29.

<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.03.010>

Tartre, L. A. (1990). Spatial skills, gender, and mathematics. Dans E. Fennema et G. C. Leder (dir.), *Mathematics and gender* (p. 27-59). Teachers College Press.

Thurstone, L. L. et Jeffrey, T. E. (1965). *Closure Flexibility (Concealed figures) Test administration Manual*. Industrial Relations Center - The University of Chicago.

Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C. et Newcombe, N. S. (2013). The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352-402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>

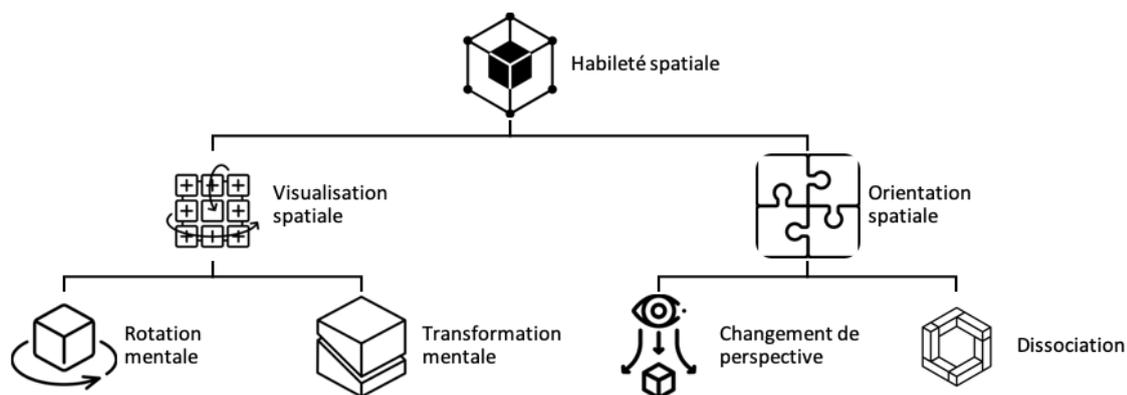
Vandenberg, S. G. et Kuse, A. R. (1978). Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>

Veurink, N. L., Hamlin, A. J., Kampe, J. C. M, Sorby, S. A., Blasko, D. G., Holliday-Darr, K. A., Kremer, J. D. T., Harris, L. V. A., Connolly, P. E., Sadowski, M. A., Harris, K. S., Brus, C. P., Boyle, L. N., Study, N. E. et Knott, T. W. (2009). Enhancing Visualization Skills-Improving Options and Success (EnViSIONS) of Engineering and Technology Students. *Engineering Design Graphics Journal*, 73(2), 1-17.

Wai, J., Lubinski, D. et Benbow, C. P. (2009). Spatial Ability for STEM Domains: Aligning over 50 Years of Cumulative Psychological Knowledge Solidifies Its Importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>

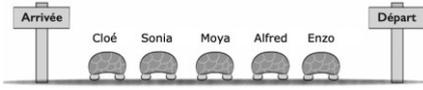
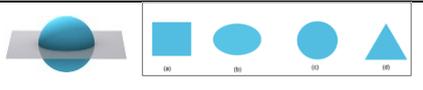
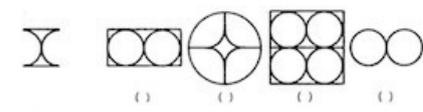
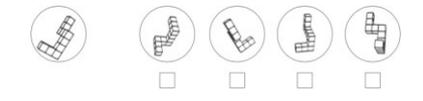
Annexes

Annexe 1 : Illustration des habiletés spatiales selon la classification de Tartre (1984).



Note. Illustrations trouvées sur Flaticon.com

Annexe 2 : Caractéristiques des tests spatiaux utilisés dans les expérimentations 1 et 2

Test	Auteurs	Compétence spatiale visée	Exemple de question
SRI	Ramful <i>et al.</i> (2017)	Rotation mentale, orientation spatiale, visualisation spatiale	
SBST	Cohen et Hegarty (2008)	Transformation mentale	
CFT	Thurstone et Jeffrey (1956)	Un élément issu d'un tout	
MRT	Vandenberg et Kuse (1978)	Rotation mentale	

Annexe 3 : Test de normalité de Shapiro-Wilk des scores des tests spatiaux MRT et SBST et des moyennes annuelles de mathématiques et sciences et technologie (N = 97)

Variable	Statistique de test	dl	p
SBST			
Octobre 2022	0,98	97	NS
Mars 2023	0,98	97	NS
MRT			
Octobre 2022	0,95	97	< 0,001
Mars 2023	0,92	97	< 0,001
Mathématiques	0,92	97	< 0,001
Sciences et technologie	0,94	97	< 0,001

Note. dl = degré de liberté ; p = valeur de p ; NS = non significatif.

Annexe 4 : Relation entre scores de SBST et MRT et niveaux de mathématiques et sciences et technologie pour les deux recueils (N = 97)

Variable	Matière					
	Mathématiques			Sciences et technologie		
	Statistique de test	dl	p	Statistique de test	dl	p
SBST						
Octobre 2022	4,33	2	NS	16,82	2	< 0,001
Mars 2023	9,88	2	0,007	11,60	2	0,003
MRT						
Octobre 2022	14,83	2	0,001	14,78	2	0,001
Mars 2023	13,54	2	0,001	20,44	2	< 0,001

Note. dl = degré de liberté ; p = valeur de p ; NS = non significatif.

Annexe 5 : Distribution des scores du SBST et du MRT en octobre 2022 et mars 2023.

Figure 2

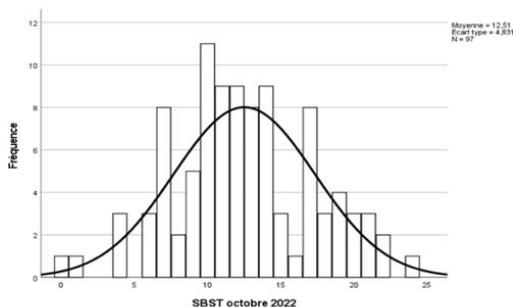


Figure 3

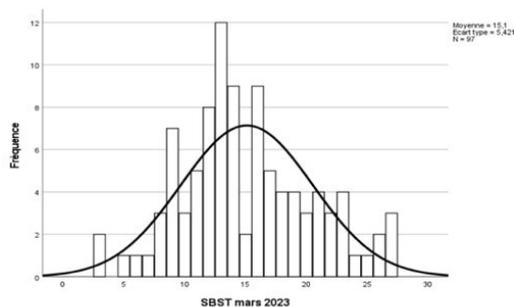


Figure 4

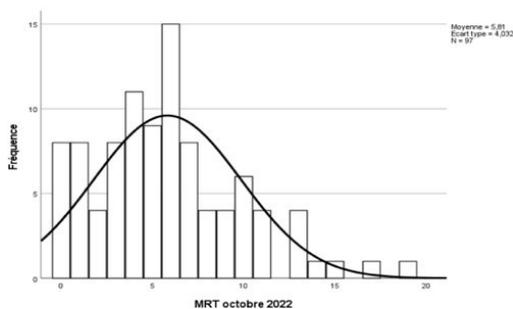
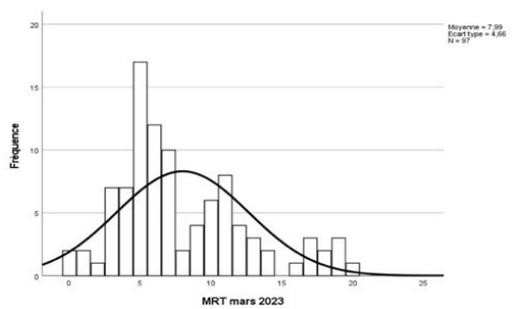
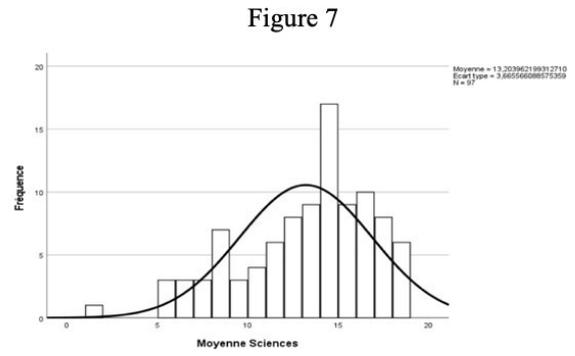
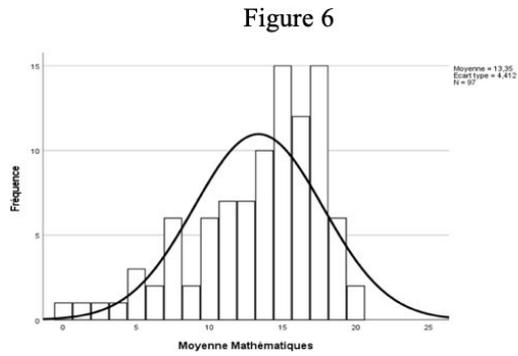


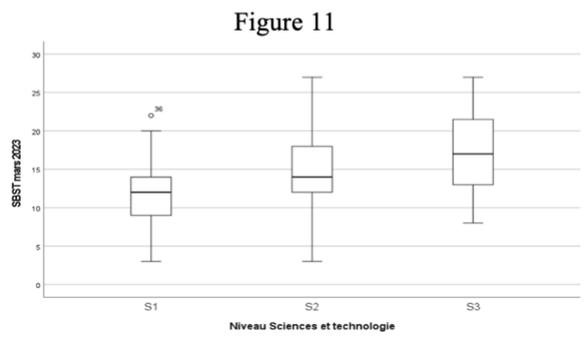
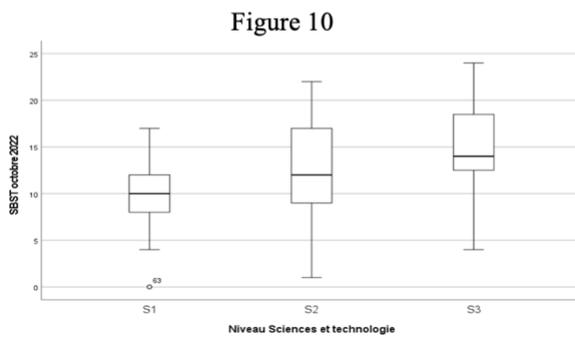
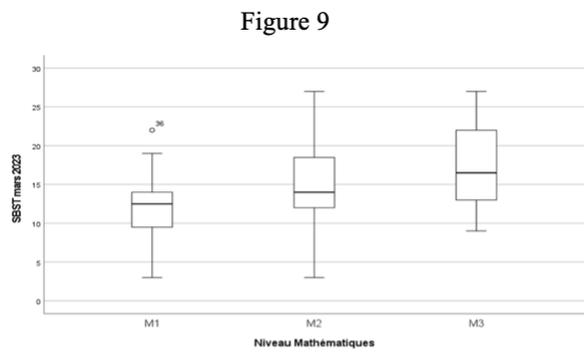
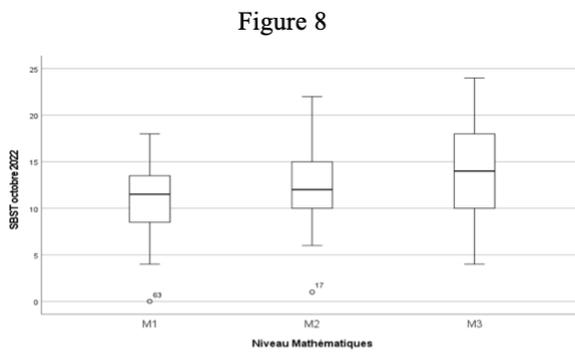
Figure 5



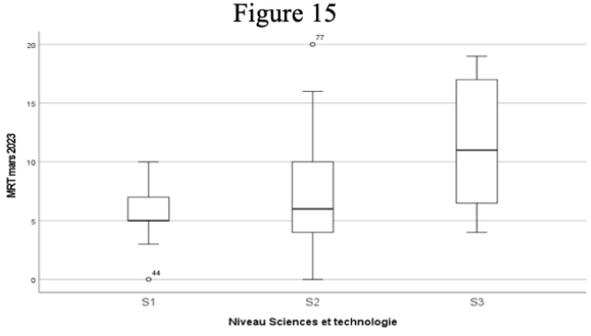
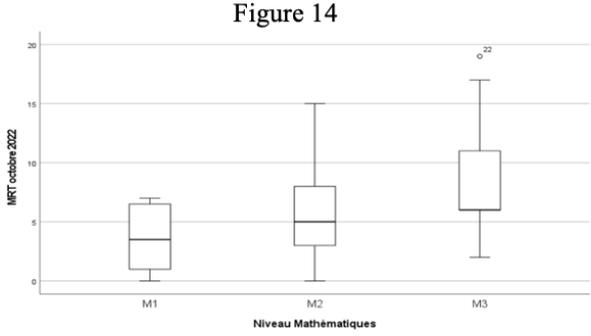
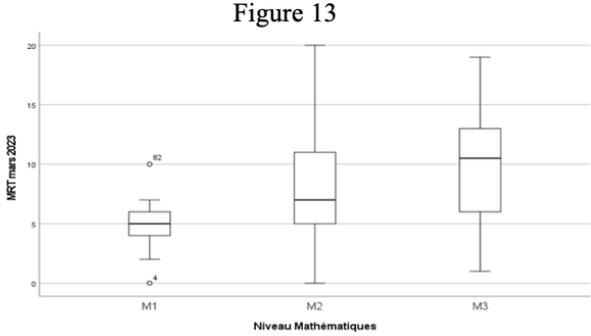
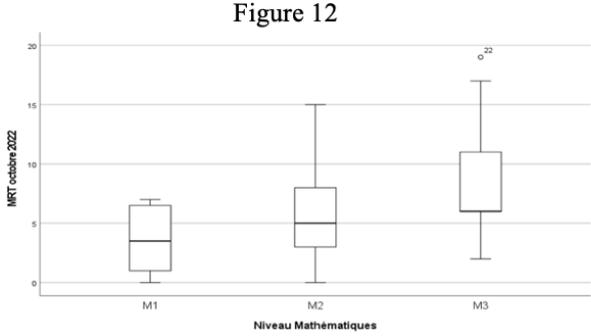
Annexe 6 : Distribution des moyennes annuelles de mathématiques et de sciences et technologie.



Annexe 7 : Distribution des scores du SBST en octobre 2022 et mars 2023 en fonction du niveau de mathématiques et de ST.



Annexe 8 : Distribution des scores du MRT en octobre 2022 et mars 2023 en fonction du niveau de mathématiques et de sciences et technologie.



Habiletés spatiales et performances dans les STIM en contexte sénégalais

Sylvain Luc Agbanglanon^{1,2}

1 : Ecole normale supérieure d'Enseignement technique et professionnel, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

2 : Bien-être, Organisations, Numérique, Habitabilité, Education, Universalité, Relation, Savoirs, CY Cergy Paris Université

Résumé

Ce travail étudie, dans un contexte sénégalais, la relation entre les habiletés spatiales et les performances en Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques (STIM). Il recueille les notes obtenues en technologie mécanique par 60 étudiants, en première année de licence à l'École normale supérieure d'Enseignement technique et professionnel de Dakar. Les habiletés spatiales de ces étudiants sont mesurées à l'aide du test de visualisation spatiale en rotation de Purdue (PSVT-R). Une analyse des correspondances multiples, suivie d'une classification ascendante hiérarchique, mettent en évidence trois classes. La classe 1, où se retrouve la majorité des femmes, regroupe les étudiants ayant le moins réussi au test, avec des notes en technologie mécanique plus faibles. La classe 2 est celle où l'on retrouve les étudiants ayant le mieux réussi au test, essentiellement de sexe masculin et avec des notes en technologie mécanique plus élevées que la moyenne. La classe 3 caractérise la réussite aux questions en fin de test.

Mots-Clés : Habiletés spatiales ; STIM ; Performances ; Analyse des Correspondances Multiples ; Classification Ascendante Hiérarchique.

Habiletés spatiales et performances dans les STIM en contexte sénégalais

Symposium de rattachement : Raisonnement spatial et STIM

Résumé

Ce travail étudie, dans un contexte sénégalais, la relation entre les habiletés spatiales et les performances en Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques (STIM). Il recueille les notes obtenues en technologie mécanique par 60 étudiants, en première année de licence à l'Ecole normale supérieure d'Enseignement technique et professionnel de Dakar. Les habiletés spatiales de ces étudiants sont mesurées à l'aide du test de visualisation spatiale en rotation de Purdue (PSVT-R). Une analyse des correspondances multiples, suivie d'une classification ascendante hiérarchique, mettent en évidence trois classes. La classe 1, où se retrouve la majorité des femmes, regroupe les étudiants ayant le moins réussi au test, avec des notes en technologie mécanique plus faibles. La classe 2 est celle où l'on retrouve les étudiants ayant le mieux réussi au test, essentiellement de sexe masculin et avec des notes en technologie mécanique plus élevées que la moyenne. La classe 3 caractérise la réussite aux questions en fin de test.

Introduction

Le contexte sénégalais est marqué par une désaffection croissante des filières et séries scientifiques et techniques. Ainsi, pour la session 2023 du baccalauréat général, les candidats inscrits dans les séries littéraires constituaient 83,64 % de l'effectif (Office du baccalauréat, 2023). Ce constat avait déjà conduit à des décisions politiques allant dans le sens de la réorientation du système éducatif vers les Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques - STIM (Conseil présidentiel pour l'Enseignement supérieur et la Recherche, 2013). Cette réorientation passe par l'augmentation de l'attractivité des STIM, et donc par l'accroissement du taux de réussite dans les STIM. De nombreux travaux ont montré le lien entre les habiletés spatiales et la réussite dans les STIM (Atit et al., 2022 ; Berkowitz & Stern, 2018 ; Duffy et al., 2015 ; Gilligan-Lee et al., 2022 ; Ha & Fang, 2015 ; Hegarty, 2014 ; Hsi et al., 1997 ; Khine, 2017 ; Sorby et al., 2018 ; Sorby & Veurink, 2019 ; Stieff & Uttal, 2015 ; Wai et al., 2009). Les habiletés spatiales étant malléables (Ault & John, 2010 ; Uttal et al., 2013), leur amélioration pourrait donc constituer un levier pour stimuler la réussite dans les STIM. Les liens entre habiletés spatiales et réussite dans les STIM, évoqués dans ce qui précède, ont pour l'essentiel été établis dans des contextes occidentaux. Or, il a été mis en évidence la faiblesse des résultats des étudiants africains (Ault & John, 2010), et ceux sénégalais en particulier (Agbanglanon, 2020 ; Charles & Agbanglanon, 2022), aux tests de mesure des habiletés spatiales, comparés aux étudiants américains et français. Cette différence notée nous pousse à nous demander si les mêmes liens, mis en évidence dans d'autres contextes, existent entre habiletés spatiales et réussite dans les STIM, dans le contexte sénégalais. Une probable action sur la réussite dans les STIM, par le biais d'une amélioration des habiletés spatiales chez les étudiants sénégalais, nécessite une connaissance du contexte sénégalais en ce qui concerne les liens hypothétiques entre habiletés spatiales et réussite dans les STIM. Notre étude pose donc le problème en ces termes : Quels sont les liens entre habiletés spatiales et performances dans les STIM chez les étudiants sénégalais ?

Cadre théorique

Les habiletés spatiales renvoient à l'aptitude à représenter, transformer, générer et rappeler de l'information symbolique non linguistique (Linn & Petersen, 1985). Elles se distinguent en visualisation spatiale et orientation spatiale (Duroisin, 2015; McGee, 1979).

De façon spécifique, dans leur dimension liée à la visualisation spatiale, les habiletés spatiales font référence à la faculté de générer, retenir et manipuler des images visuelles abstraites (Lohman, 1979), ou à la capacité de faire pivoter mentalement, de manipuler et de tordre des objets à deux et à trois dimensions (McGee, 1979). La dimension relative à l'orientation spatiale relève quant à elle de la capacité à imaginer la manière dont un stimulus se présenterait sous un autre angle de vue (Lohman, 1979), ou à l'appréhension de la disposition de différents éléments dans un ensemble, la capacité à distinguer les différentes orientations prises par les éléments d'une situation spatiale, et la capacité à s'orienter dans l'espace (McGee, 1979).

Ces habiletés peuvent être mesurées à l'aide de tests spatiaux (Eliot & Smith, 1983). Les résultats obtenus à certains de ces tests prédisent l'orientation et la réussite dans les études et les professions dans le domaine des Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématiques (Wai et al., 2009). Parmi ces tests, le Purdue Spatial Visualisation Test of Rotation (PSVT-R) (Guay, 1976), vise à mesurer la visualisation spatiale (Gorska & Sorby, 2008).

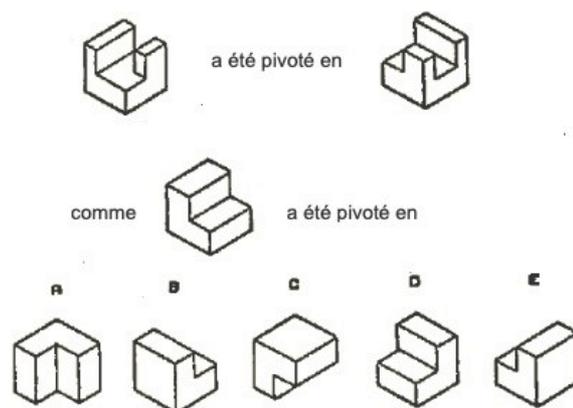


Figure 1 : Exemple de question d'entraînement du PSVT-R (Guay, 1976).

Le Test de visualisation spatiale en rotation de Purdue (Purdue Spatial Visualisation Test of Rotation - PSVT-R) (Guay, 1976), est composé de 30 questions dans lesquelles il faut trouver la représentation correcte, sur cinq, d'un objet 3D ayant subi la même rotation qu'un objet de contrôle.

Les performances dans les STIM, pour des étudiants, peuvent être appréhendées à travers les notes obtenues dans les disciplines scientifiques ou technologiques. En termes de performances dans les STIM, notre étude met l'accent sur les résultats des étudiants en technologie, précisément les notes qu'ils ont obtenues aux contrôles et à l'examen en technologie mécanique.

Méthodologie

Les participants à l'étude sont 60 étudiants admis en première année de licence à l'Ecole normale supérieure d'Enseignement technique et professionnel (ENSETP) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Leurs performances en technologie mécanique, ont été déterminées par le recueil des notes obtenues dans le module de même nom. Ces étudiants, titulaires de baccalauréat scientifique, sont inscrits dans des parcours technologiques. Le module de technologie mécanique vise les objectifs d'apprentissage suivants : représenter une solution technologique de liaison mécanique ; choisir les éléments d'une liaison mécanique ; déterminer les caractéristiques d'une transmission mécanique élémentaire ; et choisir une solution technologique de transmission mécanique. Les notes collectées traduisent donc la capacité des étudiants à représenter des liaisons mécaniques, à en choisir des composants, à caractériser et choisir des solutions technologiques de transmissions mécaniques élémentaires.

Les participants à l'étude avaient au préalable, avant le début de ce module, été soumis au test du PSVT-R. Les réponses aux questions de ce test ont été corrigées et codées en fonction du résultat. Les réponses correctes sont codées R (réussie), les réponses incorrectes ou les absences de réponse sont codées NR (non réussie). Les données ainsi collectées, composées des notes obtenues en technologie mécanique et des résultats au PSVT-R, sont traitées par le biais d'une analyse des correspondances multiples (ACM) à l'aide du package FactoMiner (Lê et al., 2008) sous le logiciel R. Le résultat de l'ACM a été soumis à une classification ascendante hiérarchique afin de déceler les groupes d'étudiants dont les résultats au test du PSVT-R ainsi que les notes obtenues en technologie mécanique présentent des similitudes.

Résultats

De l'analyse des correspondances multiples et de la classification qui s'en est suivie, il ressort l'identification de trois classes dont les éléments qui suivent permettent la description par les données de notre étude : celles de nature qualitative, liées aux résultats au test du PSVT-R, et celles de nature quantitative, relatives aux notes de technologie mécanique.

À travers les résultats (Tableau 1 et Figure 2), nous identifions un premier groupe de vingt neuf (29) étudiants (classe 1) caractérisés par une absence de réussite (NR) aux questions 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 21 et 23 du PSVT-R, plus importante que la moyenne globale, et de sexe majoritairement féminin (F).

	v.test	Mean in category	Overall mean	Sd in category	Overall Sd	p.value
Contrôle N°1	-2,00	4,01	4,68	2,18	2,50	0,05
Contrôle N°2	-2,51	3,31	4,62	3,10	3,87	0,01
Examen	-2,54	4,81	6,08	2,95	3,72	0,01
CC	-2,57	3,61	4,63	2,58	2,92	0,01
Moyenne	-2,70	4,41	5,60	2,68	3,26	0,01

Tableau 1 : Description de la classe 1 par les variables quantitatives (notes obtenues en technologie mécanique)

Ce groupe a également la particularité de présenter des moyennes des notes obtenues en technologie mécanique plus faibles que les moyennes globales.

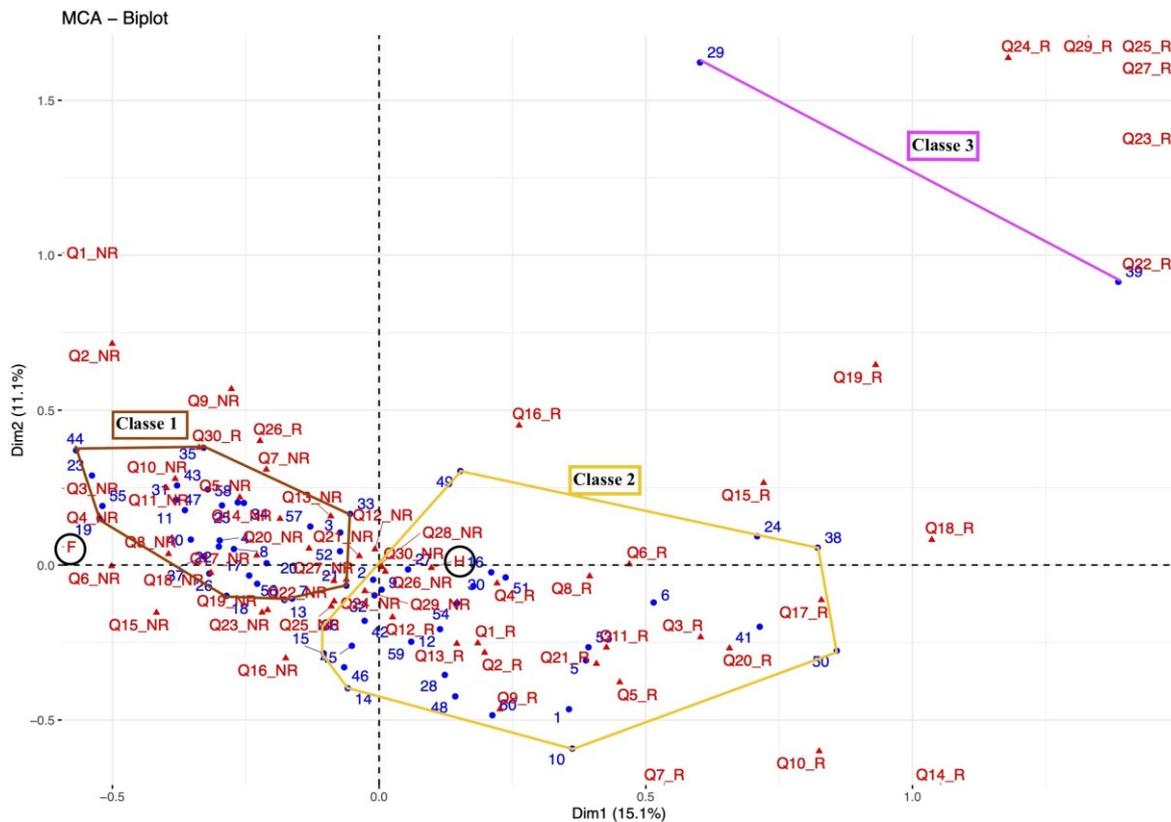


Figure 2 : Présentation des classes d'individus dans le plan factoriel.

De la même manière (Tableau 2 et Figure 2), un deuxième groupe de vingt neuf (29) étudiants également (classe 2), majoritairement constitué d'hommes (H), est caractérisé par des moyennes des notes de technologie mécanique plus importantes que les moyennes globales. En outre, ce groupe a plus réussi, que la moyenne, les questions 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 20, et 21 du PSVT-R.

	v.test	Mean in category	Overall mean	Sd in category	Overall Sd	p.value
Moyenne	2,85	6,85	5,60	3,40	3,26	0,00
CC	2,77	5,72	4,63	2,91	2,92	0,01
Contrôle N°2	2,69	6,02	4,62	4,13	3,87	0,01
Examen	2,66	7,41	6,08	4,01	3,72	0,01
Contrôle N°1	2,19	5,41	4,68	2,67	2,50	0,03

Tableau 2 : Description de la classe 2 par les variables quantitatives (notes obtenues en technologie mécanique)

Un troisième groupe a été identifié (classe 3). Il regroupe les deux (02) étudiants ayant le mieux réussi les questions 19, 23, 25, 27 et 29 du PSVT-R (Figure 2).

Ces résultats laissent donc constater l'existence de trois classes. Dans la première classe se retrouvent les étudiants caractérisés par la non réussite aux questions situées dans les deux premiers tiers en début de test et par des notes en technologie mécanique plus faibles que les notes moyennes globales. La classe 2 est celle des étudiants qui s'illustrent par la

réussite aux questions situées dans les deux premiers tiers en début de test, et par l'obtention de notes en technologie mécanique supérieures aux moyennes globales.

La classe 3, quant à elle, regroupe les étudiants ayant réussi aux questions du dernier tiers, c'est à dire en fin de test.

Discussion

Cette étude abordait de manière spécifique la question des liens entre les performances en technologie mécanique et les habiletés spatiales des étudiants sénégalais.

Les résultats mis en évidence révèlent l'existence d'un lien entre les notes obtenues par les étudiants en technologie mécanique et les résultats au test de visualisation spatiale en rotation de Purdue (PSVT-R). Cela s'inscrit dans le sillage des résultats précédemment établis dans d'autres contextes (Atit et al., 2022 ; Berkowitz & Stern, 2018 ; Duffy et al., 2015 ; Gilligan-Lee et al., 2022 ; Ha & Fang, 2015 ; Hegarty, 2014 ; Hsi et al., 1997 ; Khine, 2017 ; Sorby et al., 2018 ; Sorby & Veurink, 2019 ; Stieff & Uttal, 2015 ; Wai et al., 2009). Ainsi, malgré le fait que les résultats aux tests mesurant les habiletés spatiales des étudiants sénégalais sont plus faibles (Agbanglanon, 2020 ; Charles & Agbanglanon, 2022) que ceux des étudiants des contextes étudiés par les travaux convoqués dans le passage qui précède, des liens identiques entre habiletés spatiales et réussite en STIM sont mis en évidence dans les deux contextes. Toutefois, les résultats qui sont révélés par notre étude, en raison de leur focalisation sur une dimension des STIM : la technologie, méritent d'être analysés non pas dans le contexte global des STIM mais dans une perspective restreinte liée à la technologie mécanique. De même, la faiblesse de l'échantillon qui a permis de mettre en évidence ces résultats, dicte une poursuite de l'étude avec un échantillon plus conséquent.

Conclusion

Notre recherche, en mettant en évidence, par une classification ascendante hiérarchique, des groupes d'étudiants caractérisés par leurs notes en technologie mécanique et leur niveau de réussite au PSVT-R, laisse entrevoir un lien entre habiletés spatiales et réussite dans les STIM dans un contexte sénégalais. Les résultats de cette étude, en raison de la malléabilité des habiletés spatiales mise en exergue par d'autres travaux, semblent pointer la voie de l'amélioration des habiletés spatiales comme levier d'inflexion de la réussite dans les STIM et de l'attractivité des filières qui y sont liées. Ils contribuent à éclairer des pistes pouvant être explorées pour répondre à la nécessité de réorienter le système éducatif sénégalais vers les STIM, en réduisant la désaffection des filières en lien avec lesdites STIM.

Références bibliographiques

- Agbanglanon, S. L. (2020). Capacités visuo-spatiales des étudiants Sénégalais en génie mécanique selon le parcours de formation. *Liens Nouvelle Serie, Revue francophone*, 30(2), 299-319
- Atit, K., Power, J. R., Pigott, T., Lee, J., Geer, E. A., Uttal, D. H., Ganley, C. M., & Sorby, S. A. (2022). Examining the relations between spatial skills and mathematical performance : A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29(3), 699- 720. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-02012-w>
- Ault, H. K., & John, S. (2010). Assessing and Enhancing Visualization Skills of

- Engineering Students in Africa: A Comparative Study. *Engineering Design Graphics Journal*, 74(2), 12–20.
- Berkowitz, M., & Stern, E. (2018). Which Cognitive Abilities Make the Difference? Predicting Academic Achievements in Advanced STEM Studies. *Journal of Intelligence*, 6(4), 48. <https://doi.org/10.3390/jintelligence6040048>
- CEEB. (1939). *Special Aptitude Test in Spatial Relations*. USA: College Entrance Examination Board.
- Charles, S., & Agbanglanon, S. L., (2022, juillet) *Difficultés liées aux tests spatiaux chez les étudiants : une comparaison franco-sénégalaise*. Communication présentée au 6ème colloque du RAIFFET. Libreville, Gabon.
- Conseil présidentiel pour l'Enseignement supérieur et la Recherche. (2013). *Decisions présidentielles relatives à l'enseignement supérieur et à la recherche*. Consulté à l'adresse Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche website: http://www.cres-sn.org/sites/default/files/cnaes_decisions19aout-1.pdf
- Duffy, G., Farrell, S., Harding, R., Behan, A., Mac Raghne, A., Howard, R., Nevin, E., & Bowe, B. (2015). The Effects of Spatial Skills and Spatial Skills Training on Academic Performance in STEM Education. *The 6th Research in Engineering Education Symposium (REES 2015)*. <https://doi.org/10.21427/D7PR68>
- Duroisin, N. (2015). *Quelle place pour les apprentissages spatiaux à l'école ? Etude expérimentale du développement des compétences spatiales des élèves âgés de 6 à 15 ans* [thèse de doctorat, Université de Mons, Mons, Belgique]. <https://hal.archivesouvertes.fr/tel-01152392>
- Eliot, J., & Smith, I. M. (1983). *An international directory of spatial tests*. NFER-Nelson.
- Gilligan-Lee, K. A., Hawes, Z. C. K., & Mix, K. S. (2022). Spatial thinking as the missing piece in mathematics curricula. *Npj Science of Learning*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.1038/s41539-022-00128-9>
- Gorska, R., & Sorby, S. (2008). Testing Instruments For The Assessment Of 3 D Spatial Skills. *2008 Annual Conference & Exposition Proceedings*, 13.1196.1-13.1196.10. <https://doi.org/10.18260/1-2--4411>
- Guay, R. B. (1976). *Purdue Spatial Visualization Test: Rotations*. West Lafayette, IN: Purdue Research Foundation.
- Ha, O., & Fang, N. (2016). Spatial Ability in Learning Engineering Mechanics : Critical Review. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(2), 04015014. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000266](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000266)
- Hegarty, M. (2014). Spatial Thinking in Undergraduate Science Education. *Spatial Cognition & Computation*, 14(2), 142-167. <https://doi.org/10.1080/13875868.2014.889696>
- Hsi, S., Linn, M. C., & Bell, J. E. (1997). The Role of Spatial Reasoning in Engineering and the Design of Spatial Instruction. *Journal of Engineering Education*, 86(2), 151-158. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1997.tb00278.x>
- Khine, M. S. (2017). Spatial Cognition : Key to STEM Success. In M. S. Khine (Éd.), *Visual-spatial Ability in STEM Education* (p. 3- 8). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0_1
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR : An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Lohman, D. F. (1979). *Spatial Ability : A Review and Reanalysis of the Correlational*

- Literature*. Stanford, CA: School of education, Stanford university.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities : Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>
- Office du baccalauréat. (2023). *Statistiques globales des inscrits au baccalaureat general 2023*. consulté à https://officedubac.sn/wp-content/uploads/2023/07/Satistiques_Candidats_BG-1.pdf
- Sorby, S. A., & Veurink, N. (2019). Preparing For STEM : Impact Of Spatial isuslization Training On Middle School Math Performance. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 25(1), 1- 23. <https://doi.org/10.1615/JWomenMinorScienEng.2018024516>
- Sorby, S., Veurink, N., & Streiner, S. (2018). Does spatial skills instruction improve STEM outcomes? The answer is 'yes'. *Learning and Individual Differences*, 67, 209-222. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.09.001>
- Stieff, M., & Uttal, D. (2015). How Much Can Spatial Training Improve STEM Achievement? *Educational Psychology Review*, 27(4), 607- 615. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9304-8>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352-402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains : Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>

Enhancing spatial reasoning with generative artificial intelligence in STEM education: The implications of text-based prompts

Yakhoub Ndiaye¹

1 : Singapore University of Technology and Design

Résumé

Generative artificial intelligence (Gen AI) models such as large language models (LLMs) have tremendous potentialities in solving complex scientific and technical problems. Within STEM, the skill of generative designing could play a major role in spatial ability (SA) and the underlying spatial reasoning (SR) processes. SA refers to being able to generate, manipulate images and process complex mental transformations. With the emergence of LLMs, learners can address part of such processes by converting text prompts to visual (2D, 3D) specifications. However, it is not yet clear how LLMs could enhance SR processes. In this paper, this issue is investigated, comparing traditional approaches usually supported by hand drawing, CAD tools with the LLM-supported 'text-to-image' modality. An experimental protocol with two undergraduate student groups (control and intervention; N=10) is proposed in which participants are tasked to explore 2D/3D design ideas solving a key scientific and technical problem. Finally, pre- and post-tests are administered to participants to assess their SR processes on 3 aspects: spatial visualisation reasoning (PSVT:R), scientific reasoning (CTSR), and mental loads (a 10-item scale). Results, implications, and limitations of Gen AI and LLMs for spatial learning in STEM education are discussed.

Mots-Clés : Spatial Ability ; Spatial Reasoning ; Generative AI ; LLMs ; STEM Education.

Enhancing spatial reasoning with generative artificial intelligence in STEM education

The implications of text-based prompts

Symposium: Raisonement Spatial et STIM (Spatial Reasoning and STEM)

Introduction

Advances in generative artificial intelligence (Gen AI) such as large language models (LLMs) have enabled significant capabilities in generating, computationally, new contents especially for educational purposes. With LLMs which are neural network algorithms that perform various natural language processing (NLP) tasks, new ways of coming up with two- (2D) and three-dimensional (3D) visual representations through text prompts are introduced. Although LLM-based practices are not yet common in all educational systems, there is a growing interest in STEM education and research, in particular, in spatial learning of students. In this paper, the effects of LLM-based prompting on spatial ability (SA) and reasoning processes (SR) are examined. Let us clarify the terminology. Several terms have been used to designate SA within the literature: e.g., spatial visualisation, conceptualisation, reasoning, thinking, etc. SA refers to the ability to generate, retain, extract, and transform well-structured visual images (Lohman, 2013) and mental rotations (Just & Carpenter, 1985). An ability can be defined as a power to act, an empowerment (Rabardel, 2005) that relates to an individual's competence that is the connection between the individual's knowledge, skill and attitude (Le Deist and Winterton, 2005). However, as inherent to mental operations and cognitive executive functions, SA is often reduced to the cognitive ability of the learner, that is their spatial reasoning (SR) processes, in which this research is interested.

LLMs and spatial reasoning in STEM education

The application of LLMs in education has been growing (Baierl, 2023) over the recent decade. However, with respect to spatial learning, few studies have been found on how LLMs can support students' reasoning abilities in STEM education. Based on transformer architectures and trained on vast amount of data corpus, LLMs allow one to predict and generate multimodal contents. They assume that text explorations would reflect the expected ideas and concepts generated. Popular LLMs such as GPT (generative pretrained transformers), BERT (bidirectional encoder representations from transformers), Llama 2 (Touvron et al., 2023), etc. are primarily focused on text-based tasks. Within STEM, several possible directions such as problem-solving assistance, visualization, interactive learning platforms, modelling and simulation, multimodal learning, customized learning paths, educational content generation, etc. seem to be explorable for spatial learning and cognition.

SA in STEM may involve several reasoning processes (counter/intuition, deduction, inference, etc.). It has been associated with engineers, designers who use technical drawing to design products. However, there is now significant evidence linking SA to academic performance in STEM education (e.g., Buckley et al., 2022). Reasoning spatially appears to be a key transversal skill of daily life. For instance, spatial learning and memory are crucial for navigation (Pilly & Grossberg, 2012). Hikers who are lost would need spatial orientation skills to be able to read a 3D map and/or find a way out. When digitalised, games play a crucial role in SR (Corradini, 2011) which can enhance strategy game AIs by providing a

more expressive spatial representation, a better intent communication, better pathfinding and reusable strategic libraries (Forbus et al., 2002).

Science education

In science education (e.g., physics, biology, chemistry, earth science), the use of spatial representations is crucial to understand, manipulate scientific concepts, and to represent ideas into graphs, diagrams, and models. Although SA in science has primarily received few attention, research suggests that there is a significant relationship between spatial visualisation and science learning. For instance, Kozhevnikov et al. (2007) found associations between SA and solving kinematics problems. Their work revealed that, compared to low-level spatial students, high-level spatial students used to integrate several motion parameters, to interpret kinematics diagrams as abstract representations of the motion of an object, and to reorganise a spatial problem representation into another appropriate representation. These findings echo previous results on the links between SR and conceptual understanding (e.g., Black, 2005) and scientific reasoning (Hinojosa, 2015). In molecular geometry, SR is crucial to understanding the shapes of molecules. For instance, Stieff et al. (2012) showed that students use multiple strategies to solve spatial problems in organic chemistry rather than relying solely on illusionary reasoning.

Engineering, design, and technology education

SR is traditionally well associated with engineering, design, and technology education. It has been foundational in such areas with the development of multiple CAD tools to design complex systems, and mental rotation assessment instruments. As a matter of fact, it is accepted that designers such as architects, for instance, need and possibly have a high level of spatial ability (e.g., Alias et al., 2002). Other significant evidence between SA and academic performances in design and technology education (e.g., Buckley et al., 2022), engineering mechanics (Ha & Fang, 2016), computer programming (Jones & Burnett, 2008) are established. In the engineering design field, LLMs have shown promising results. According to Makatura et al. (2023), the use of LLMs in design enables five essential tasks: converting text prompts to design specifications, converting designs to manufacturing instructions, creating design spaces and variations, calculating performance, and exploring performance-based design solutions (e.g., topology optimisation).

Mathematics education

Spatial learning improves children's mathematics ability (Cheng & Mix, 2014). In fact, learning mathematics involves being able to conduct appropriate mental rotation of spatial geometry such as cubic shapes, volume, and to understand 3D motion, graphs and axis, and to process other complex mental calculations as well. There is also proof that supports the link between spatial and numerical abilities. As such, Thompson et al. (2013) found a relationship between mental rotation ability and numerical representation.

Research questions

This paper explores the role and effects of LLMs in fostering spatial reasoning among STEM learners. It seeks to highlight the link between the spatial reasoning of students and their use of text-to-image Gen AI platforms to solve complex scientific problems involving 2D and 3D representations and processing. The main research question (RQ) is: What are the effects of using LLM-supported prompts on students' spatial ability and reasoning processes?

Along with this main RQ, as we seek to understand the added value of LLMs compared to traditional tools, we then address the following sub-RQs:

- Sub-RQ1. Which reasoning type is better supported in LLM-based prompts?
- Sub-RQ2. Can Gen AI tools prevent students from spontaneous reasoning?
- Sub-RQ3. Does LLM prompting foster reasoning better than hand drawing?

Method

Setup and data collection

The experimental design referred to as design-based research (DBR) is adopted (e.g., DBR Collective, 2003). DBR guides the development, implementation and evaluation of an instructional scenario. As the research aims to evaluate the effectiveness of LLM-supported reasoning, using DBR allows to compare pedagogical strategies. To evaluate the efficiency of approaches, an intermediate randomised control trial (RCT) which involves two students' groups ($N \approx 10$ per group, undergraduate level, intervention and control groups) is defined. Data will be collected through a research observation and an interview post with participants. Pre- and post-tests will be administered to participants to assess students' spatial ability (PSVT:R; Yoon, 2011) and scientific reasoning (CTSR; Lawson, 1978) scores, as well as the underlying cognitive loads (10-item scale; Leppink et al., 2013).

Tasks

Students will be tasked with solving a scientific open problem using a suggested publicly available text-to-image Gen AI platform. Several examples of tasks are possible, however, the choice will be aligned with the teacher needs, learning goals, and context. A topic of interest in this research is spatial naïve reasoning about complex concepts such as force that is crucial to STEM. Teaching and learning force are challenging (Authors, *Year1*, *Year2*). Naïve reasoning about force appears to be undisturbed even with explicit instructions. It is one of the most critical and most referenced reasoning type in STEM.

Data analysis

The qualitative data (recordings and interviews) will be analysed using thematic analysis with topic modelling and network analysis approaches, whereas the quantitative data from the SA, scientific reasoning, and cognitive load tests will be examined with exploratory factor analyses.

Expected Results

This study is exploratory. The hypothetical assumptions I would like to validate or invalidate are that LLMs would (1) provide benefits in working with text-based prompts to generate rapid but specific visual outputs, (2) help address progressively and at once several aspects of a visualisation problem, (3) better support students with lower-level spatial cognitive ability and impairments. The study is also expected to emphasise the importance of 'problem formulation' skills rather than the controversial AI 'prompt engineering' skill viewed as a new 'job of tomorrow' by the World Economic Forum (WEF, 2023). However, by being able to generate almost anything, LLM-based text-to-image would not be fully able to prevent students from naive reasoning without better teaching guidance and inhibitory control strategies. Additionally, given the complexity of STEM content knowledge, LLM-based instructions to promote spatial learning may not be

a generalised practice. That said, the targeted data in this experiment could provide insights into the extent to which LLMs can be supportive of current STEM instructions, in particular, to foster spatial reasoning through prompting. If completed, the findings of this research would add substantially to our understanding of how to use Gen AI and LLMs to design and deliver better STEM instructions.

Conclusion, implications and limitations

This study probably pioneers in STEM education research on the role of LLMs to improve spatial reasoning ability. It is the first-of-its-kind method to investigate spatial learning with generative models. Additional research would be needed to examine the ins and outs, as well as the pitfalls of LLMs to be considered when developing instructions that focus on spatial learning and cognition.

Possible limitations of LLMs for STEM education include social and ethical issues (e.g., lack of human emotional intelligence, morality). It is not yet sure if the generation abilities of these models fully consider human-centred aspects in the training phase, hence, requiring to understand and insert the factors underlying human perception for successful generation (Sabuncuoğlu & Sezgin, 2022). Furthermore, criticism has been raised about the need for more suitable instruments that allow open-ended responses in mental rotation tests (Bartlett & Camba, 2023). In fact, there is no agreement that the SA test is truly measuring spatial ability for STEM spatial learning.

Future work could provide insights into best practices for STEM educators and learners. Researchers could explore Gen AI-related skills and literacy (Kasneji et al., 2023), test various classroom settings, develop pedagogical frameworks on the use of LLMs, as well as explore how LLM-based learning and outcomes could be better assessed. For instance, given the rapid technological evolution, research investigating the pertinence of an assessment framework adapted to generative education would be relevant (Authors, under review).

Reference

- Alias, M., Black, T. R., & Gray, D. E. (2002) Effect of instructions on spatial visualisation ability in civil engineering students. *International Education Journal*, 3(1), 1-12.
- Baierl, J. D. (2023). Applications of large language models in education: Literature review and case study, Doctoral dissertation, University of California, Los Angeles.
- Bartlett, K. A., & Camba, J. D. (2023). Is the PSVT:R suitable for evaluating spatial skill in design? A Critique. In: Gero, J.S. (eds) *Design Computing and Cognition'22*. DCC 2022. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20418-0_8
- Black, A. A. (2005) Spatial ability and earth science conceptual understanding, *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 402-414, DOI: 10.5408/1089-9995-53.4.402
- Buckley, J., Seery, N., Canty, D., & Gumaelius, L. (2022). The importance of spatial ability within technology education. In: Williams, P.J., von Mengersen, B. (eds) *Applications of Research in Technology Education. Contemporary Issues in Technology Education*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7885-1_11
- Cheng, Y.-L., & Kelly, S. M. (2014) Spatial training improves children's mathematics ability, *Journal of Cognition and Development*, 15(1), 2-11, DOI: 10.1080/15248372.2012.725186

- Corradini, A. (2011). A study on whether digital games can effect spatial reasoning skills. In P. Felicia (Ed.), *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches* (pp. 1086-1110). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-495-0.ch050>
- DBR Collective. (2003). Design-based research: an emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Ha, O., & Fang, N. (2016). Spatial ability in learning engineering mechanics: Critical review. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(2), 04015014, doi: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.00002
- Forbus, K. D., Mahoney, J. V., & Dill, K. (2002). How qualitative spatial reasoning can improve strategy game AIs. *IEEE Intelligent Systems*, 17(4), 25-30.
- Hinojosa, A. J. (2015). Investigations on the impact of spatial ability and scientific reasoning of student comprehension in physics, state assessment tests, and STEM courses. The University of Texas at Arlington.
- Jones, S., & Burnett, G. (2008). Spatial ability and learning to program. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 4(1), 47–61. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.200804151352>
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1985). Cognitive coordinate systems: accounts of mental rotation and individual differences in spatial ability. *Psychological review*, 92(2), 137, <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-295X.92.2.137>
- Kasneçi, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneçi, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>.
- Lawson, A. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning, *Journal of Research in Science Teaching* 15(1), 11.
- Le Deist, F. D., & Winterton, J. (2005). What is competence? *Hum. Resour. Dev. Int.* 8, 27–46. doi: 10.1080/1367886042000338227
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods* 45(4), 1058-1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Lohman, D. F. (2013). Spatial ability and g. In *Human abilities* (pp. 97-116). Psychology Press.
- Makatura, L., Foshey, M., Wang, B., Hähnlein, F., Ma, P., Deng, B., ... & Matusik, W. (2023). How can large language models help humans in design and manufacturing? *arXiv preprint*, doi:10.48550/arXiv.2307.14377
- Pilly PK, Grossberg S. (2012). How do spatial learning and memory occur in the brain? Coordinated learning of entorhinal grid cells and hippocampal place cells. *J Cogn Neurosci.*, 24(5), 1031-54. doi: 10.1162/jocn_a_00200. Epub 2012 Jan 30. PMID: 22288394.
- Rabardel, P. (2005). 13. Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. Entre connaissance et organisation: l'activité collective, in Lorino, P. & Teulier, R. (Eds), *Entre connaissance et organisation: l'activité collective*, La Découverte, 251-265.
- Sabuncuoğlu, A. & Sezgin, T. M. (2022). A critical evaluation of recent deep generative sketch models from a human-centered perspective, 2022 30th Signal Processing

- and Communications Applications Conference (SIU), Safranbolu, Turkey, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU55565.2022.9864823.
- Stieff, M., Ryu, M., Dixon, B., & Hegarty, M. (2012). The role of spatial ability and strategy preference for spatial problem solving in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(7), 854-859, dx.doi.org/10.1021/ed200071d.
- Thompson, J. M., Nuerk, H. C., Moeller, K., & Kadosh, R. C. (2013). The link between mental rotation ability and basic numerical representations. *Acta psychologica*, 144(2), 324-331, <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.05.009>
- Touvron, H., Martin, L., Stone, K., Albert, P., Almahairi, A., Babaei, Y., ... & Scialom, T. (2023). Llama 2: Open foundation and fine-tuned chat models. arXiv preprint, arXiv:2307.09288.
- WEF, World Economic Forum (2023). Jobs of tomorrow: Large language models and jobs. Consulted on November 29, 2023, at https://www3.weforum.org/docs/WEF_Jobs_of_Tomorrow_Generative_AI_2023.pdf
- Yoon, S. Y. (2011). Psychometric properties of the revised purdue spatial visualization tests: visualization of rotations (The Revised PSVT: R). West Lafayette, Indiana: Purdue University