



Des recherches participatives en didactique disciplinaire et en sociologie de l'éducation

Quelles finalités ? Quels savoirs ? Quel partage
des responsabilités ? Et quelles stratégies pour
acter la coopération entre les acteur·rices ?



Patrick Roy
Justine Letouzey-Pasquier
Bertrand Gremaud



FORMATION ET PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT EN QUESTIONS

*DES RECHERCHES PARTICIPATIVES EN DIDACTIQUE DISCIPLINAIRE
ET EN SOCIOLOGIE DE L'ÉDUCATION.
QUELLES FINALITÉS?
QUELS SAVOIRS?
QUEL PARTAGE DES RESPONSABILITÉS?
ET, QUELLES STRATÉGIES POUR ACTER
LA COOPÉRATION ENTRE LES ACTEUR·RICES?*

Numéro coordonné par
Patrick Roy, Justine Letouzey-Pasquier
et Bertrand Gremaud
N° 29, 2025

Comité de rédaction

Virigil Brügger (IRDP)
Vincent Capt (HEP-VD)
Pierre-François Coen, UNI Fribourg (rédacteur responsable)
Michaël Da Ronch (HEP-VS)
Katja De Carlo (SUPSI)
Christophe Gremion (HEFP)
Sébastien Jolivet (UNI Genève)
Maud Lebreton-Reinhard (HEP BEJUNE)
Viridiana Marc (IRDP)
Roland Pillonel (UNI Fribourg)
Patrick Roy (HEP FR)

Le contenu et la rédaction des articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

© Conseil académique des hautes écoles romandes en charge de la formation des enseignant.e.s
(CAHR)

ISSN 1660-9603

Secrétariat scientifique : Sarah Boschung
Rédacteur responsable : Pierre-François Coen
Conception graphique : Jean-Bernard Barras
Mise en page : Marc-Olivier Schatz



***Des recherches participatives en didactique disciplinaire et en sociologie de l'éducation.
Quelles finalités ? Quels savoirs ? Quel partage des responsabilités ? Et, quelles stratégies pour acter la coopération entre les acteur·rices ?***

Numéro coordonné par
Patrick Roy, Justine Letouzey-Pasquier et Bertrand Gremaud

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----|
| <i>Des recherches participatives en didactique disciplinaire et en sociologie de l'éducation : Quelles finalités ? Quels savoirs ? Quel partage des responsabilités ? Et quelles stratégies pour acter la coopération entre les auteur·rices ?</i> Patrick Roy, Justine Letouzey-Pasquier et Bertrand Gremaud | 7 |
| <i>La recherche d'ingénierie didactique en collaboration : éléments de contextualisation d'un dispositif émergent</i> Sandrine Aeby Daghe et Glais Sales Cordeiro | 37 |
| <i>Entre pratiques courantes et expérimentation de séquences didactiques en grammaire pour envisager une ingénierie didactique interactive</i> Anouk Darne-Xu, Véronique Marmy Cusin, Virginie Degoumois, Ecaterina Bulea Bronckart et Roxane Gagnon | 53 |
| <i>Construire un outil didactique dans une démarche de Recherche d'Ingénierie Didactique en Collaboration : quels enjeux ?</i> Solenn Petrucci | 75 |
| <i>Recherches collaboratives et construction de nouveaux phénomènes didactiques : le cas des « séquences forcées » en didactique des Sciences de la vie et de la Terre</i> Christian Orange et Denise Orange Ravachol | 93 |
| <i>Des objets didactiques pour questionner les sciences à l'école primaire : les albums de littérature de jeunesse</i> Frédéric Charles | 111 |
| <i>Processus de co-construction de ressources numériques en recherche participative pour l'enseignement et l'étude de l'astronomie dans le premier degré</i> Géraldine Boivin-Delpieu | 125 |
| <i>La recherche-action participative en éducation : entre praxéologie et épistémologie pratique</i> Éric Tortochot et Pascal Terrien | 141 |
| <i>Le défi de vigilance méthodologique en recherche collaborative : des ficelles pour négocier des tensions dans des activités de co-analyse de savoirs avec des enseignants migrants</i> Serigne Ben Moustapha Diédhiou et Joëlle Morrissette | 163 |



| | |
|--|-----|
| <i>Des stratégies d'animation d'entretiens collectifs collaboratifs pour construire l'altérité</i> Joëlle Morrissette et Serigne Ben Moustapha Diédhiou | 181 |
| <i>Développer la professionnalité d'enseignant-es du primaire sur le processus de conception technique : fondements et modalités de mise en œuvre d'une communauté discursive de pratiques professionnelles (volet 1)</i> Patrick Roy, Bertrand Gremaud et Bernard Masserey | 201 |
| <i>Construire un micro-univers discursif partagé et développer la professionnalité d'enseignant-es du primaire sur le processus de conception technique dans le cadre d'une communauté discursive de pratiques professionnelles (volet 2)</i> Patrick Roy, Bertrand Gremaud et Bernard Masserey | 239 |



Développer la professionnalité d'enseignant·es du primaire sur le processus de conception technique : fondements et modalités de mise en œuvre d'une communauté discursive de pratiques professionnelles (volet 1)

Patrick ROY¹ (Haute école pédagogique Fribourg, Suisse),
Bertrand GREMAUD² (Haute école pédagogique Fribourg, Suisse) et **Bernard MASSEREY**³ (Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg, HES-SO, Suisse)

Une Communauté Discursive de Pratiques Professionnelles (CDPP) a été mise en place en Suisse romande afin d'engager un collectif d'acteur·rices dans la conception coopérative de situations d'enseignement-apprentissage sur le processus de conception technique (PCT). Dans cet article, nous développons les fondements et exposons les modalités de mise en œuvre de cette communauté conviant les enseignant·es à entrer dans le «monde scolaire acculturé d'une éducation technologique authentique» au moyen d'un processus de problématisation de la pratique. Ce processus, qui donne accès à un nouveau régime de description théorisée de l'activité, mobilise un système d'outils culturels et sémiotiques à travers une succession d'activités formatives/réflexives entraînant la circulation/reproblématisation des savoirs entre les mondes scolaire, conceptuel et professionnel, ainsi que la coconstruction de points de vue partagés et de savoirs de métier sur le PCT. Ces derniers confèrent aux enseignant·es un plus grand pouvoir d'agir dans le domaine de l'éducation technologique.

Mots-clés: communauté discursive de pratiques professionnelles, recherche participative, ingénierie didactique coopérative, éducation technologique, pratiques sociotechniques de référence, processus de conception technique, enseignement primaire, développement professionnel

Introduction

L'éducation technologique figure parmi les formes de culture à développer chez les élèves de l'école obligatoire afin de les préparer à agir de manière éclairée dans ce monde hautement technologique du 21^e siècle (Bonnardel, 2009; Didier, 2017; English *et al.*, 2012). Les finalités de cette éducation étant multiples, Käser (2017) propose de l'appréhender dans une perspective multidimensionnelle, en particulier selon: 1) une perspective spécialisée impliquant des expériences et des actions *avec et sur* des objets/systèmes techniques;

1. Contact : patrick.roy@edufr.ch

2. Contact : bertrand.gremaud@edufr.ch

3. Contact : bernard.masserey@hes-so.ch



2) une perspective historico-culturelle visant l'étude des rapports qu'entretiennent les humains avec la technologie à travers les sociétés en prenant en considération les dimensions spatio-temporelles ; 3) une perspective éthique mettant en jeu des valeurs, des attitudes ou des comportements en lien avec le développement et l'usage des objets/systèmes techniques.

Nous insistons sur le fait que « what is taught in schools in some way reflects technology as it is practised professionally » (De Vries, 2006, p. 6) pour désigner ce que nous appelons une éducation technologique authentique (ETA). Plus spécifiquement, nous nous référons à la question de l'authenticité évoquée par Martinand (2003) par son concept de « pratique sociotechnique de référence »⁴ pour imaginer les processus de transposition didactique des pratiques techniques expertes en des pratiques techniques scolairement organisées (Lebeaume, 2001). Cette question sur « le caractère authentique des pratiques techniques scolairement organisées est essentiel pour répondre aux visées éducatives de cet enseignement » inscrites dans les curricula de l'école obligatoire (Ibid., p. 129). Par les rôles sociotechniques, les modes de pensée, les compétences techniques, ainsi que les dispositifs instrumentaux qu'elles nécessitent de mobiliser, les pratiques techniques scolairement organisées intègrent le double caractère – social et technique – des pratiques techniques expertes (Martinand & Kéradec, 2018).

Dans cette contribution, nous nous focalisons sur la première finalité de l'éducation technologique évoquée par Käser (2017), en particulier sur l'apprentissage du Processus de Conception Technique (PCT), désigné sous le vocable d'*Engineering Design Process* dans le monde anglo-saxon. Ce processus qui est au cœur de l'activité professionnelle des concepteur·rices (Simon, 1996) s'inscrit comme composante essentielle d'une culture technologique pour les élèves de l'école obligatoire (Pearson & Young, 2002, p. 58) : « Design is the central component of the practice of engineering and a key element in technology education ». La mise en œuvre d'un PCT implique la mobilisation de la pensée design (*design thinking*) (Sheppard *et al.*, 2009, p. 100) :

Engineering design involves a way of thinking that is increasingly referred to as design thinking: a high level of creativity and mental discipline as the engineer tries to discover the heart of the problem and explore beyond the solutions at easy reach.

Sheppard et ses collègues caractérisent cette forme de pensée en se centrant sur la définition, la génération, l'évaluation, la sélection et la concrétisation des idées par des concepteur·rices dans un PCT. Dym *et al.* (2005) la définissent comme un ensemble de capacités, dont celles à : 1) appréhender la conception comme une boucle itérative entre pensées divergente et convergente ; 2) adopter à la fois une approche globale et systématique de la conception ; 3) raisonner sur l'incertitude et y faire face ; 4) prendre des décisions ; 5) s'impliquer activement en tant que membre d'une équipe de conception ; et 6) maîtriser les différents langages de la conception technique, y compris les registres de représentation verbale, numérique et graphique.

4. Ce concept permet d'analyser l'écart entre les activités scolaires et les activités productives industrielles sans pour autant vouloir les reproduire.



En tant qu'approche créative de résolution des problèmes (De Vries, 1996 ; Vande Zande, 2007), la conception d'un objet technique nécessite le recours à la pensée design, un mode de pensée qui se distingue de la pensée mathématique ou de la pensée scientifique. La préservation de l'authenticité de ce processus en classe implique de la part de l'enseignant·e de se fixer comme objectif d'acculturer ses élèves aux « modes d'agir-parler-penser »⁵ (Bernié, 2002 ; Jaubert *et al.*, 2004) spécifiques des concepteur·rices (en l'occurrence des ingénieur·es dans ce projet). En conséquence, il importe que l'enseignant·e puisse connaître les processus cognitifs spécifiques d'un PCT (Mentzer *et al.*, 2015).

Dans le monde professionnel, le PCT est souvent qualifié d'itératif et d'interdisciplinaire tel que défini par le Conseil d'accréditation américain pour l'ingénierie et la technologie (Oakes *et al.*, 2002, p. 339) :

Engineering design is the process of devising a system, component, or process to meet desired needs. It is a decision-making process (often iterative), in which the basic sciences, mathematics, and the engineering sciences are applied to convert resources optimally to meet these stated needs. Among the fundamental elements of the design process are the establishment of objectives and criteria, synthesis, analysis, construction, testing, and evaluation.

C'est pourquoi, en raison de son potentiel intégrateur en termes de disciplines scolaires, le PCT est promu comme une approche de résolution de problèmes de prédilection de la STEAM (Science-Technology-Engineering-Arts-Mathematics) education dans plusieurs systèmes éducatifs à travers le monde (Cinar, 2019 ; English *et al.*, 2012 ; Householder & Hailey, 2012).

Plusieurs travaux montrent que les enseignant·es de l'école obligatoire disposent en général d'un faible sentiment de compétence personnelle au regard de l'éducation technologique, et qu'ils et elles n'ont ni les savoirs ni l'expérience nécessaires pour engager leurs élèves dans un PCT (Brophy *et al.*, 2008 ; Capobianco *et al.*, 2011 ; English & King, 2015 ; Hester & Cunningham, 2007 ; Kelley & Wicklein, 2009 ; Rohaan *et al.*, 2012 ; Sanders, 2008). En particulier, se pose la problématique d'aborder le PCT selon une approche interdisciplinaire en intégrant les sciences et les mathématiques (Cinar, 2019). Rohaan *et al.* (2012) relèvent que plusieurs types de savoirs chez les enseignant·es exercent une influence sur les apprentissages et les attitudes des élèves en technologie, en particulier les *Subject Matter Knowledge (SMK)* et les *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*⁶ (Shulman, 1987). Pour ces auteur·rices, les *SMK* se réfèrent aux « savoirs à enseigner » qui incluent les savoirs conceptuels (faits, principes, concepts et théories) et les savoirs

5. Jaubert *et al.* (2004, p.52) considèrent que l'apprentissage disciplinaire implique une « reconstruction en contexte scolaire des savoirs dépendants des communautés humaines de référence et de leurs modes d'agir-parler-penser ».

6. *Pedagogical Content Knowledge* is "that special amalgam of content and pedagogy that is uniquely the province of teachers, their own special form of professional understanding ... it represents the blending of content and pedagogy into an understanding of how particular topics, problems, or issues are organized, represented, and adapted to the diverse interests and abilities of learners, and presented for instruction." (Shulman, 1987, p. 8).



procéduraux, soient les savoirs pour résoudre des problèmes de conception (Pearson & Garmire, 2006) et les savoirs pour évaluer les impacts liés aux développements de la technique sur la société. Quant aux *PCK*, ils se réfèrent par exemple aux : «(1) knowledge of pupils' concept of technology and knowledge of their pre- and misconceptions related to technology (2) knowledge of the nature and purpose of technology education, and (3) knowledge of pedagogical approaches and teaching strategies for technology education» (Rohaani *et al.*, 2012, p.273). Ces auteur·rices soulignent que l'acquisition des *SMK* par les enseignant·es est préalable à celle des *PCK* et que l'acquisition conjointe de ces deux catégories de savoirs renforce leur sentiment de compétence personnelle dans ce domaine de connaissance. Dans une recherche participative à visée professionnalisante comme la nôtre, ces différents types de savoirs que nous qualifions de «savoirs de métier» (Brière & Simonet, 2021) méritent d'être pris en compte.

Contexte général de la contribution

Cette contribution s'inscrit dans le cadre du projet «Communautés de pratiques autour de démarches technologiques dans le cadre d'une ingénierie didactique coopérative intégrant un dispositif d'enseignement mi-fini» financé par le programme *P9-Développement des didactiques disciplinaires* de Swissuniversities (2017-2020). Ce projet s'est concrétisé par la mise en place, en 2018-2019, d'une Communauté Discursive de Pratiques Professionnelles (CDPP) (Marlot & Roy, 2020) visant à engager un collectif d'acteur·rices (deux chercheurs didacticiens, trois ingénieurs en génie mécanique de la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg, un collaborateur pédagogique de sciences naturelles du Service de l'enseignement obligatoire de langue française et une quinzaine d'enseignant·es des cycles 1 et 2⁷ d'une même école primaire de Fribourg) dans la conception coopérative de situations d'enseignement-apprentissage sur le PCT.

Lors d'une première rencontre en septembre 2018, les enseignant·es ont manifesté leur intérêt de développer leurs compétences professionnelles dans le champ de l'éducation technologique, en particulier pour l'étude de phénomènes techniques impliquant des démarches d'analyse et de conception d'objets techniques inscrites dans les objectifs d'apprentissage MSN 16 et 26 du Plan d'études romand (CIIP, 2010). Toutefois, ces démarches étant mises en texte implicitement à travers les démarches caractéristiques des sciences expérimentales, elles entraînent des confusions d'ordre épistémologique et méthodologique chez les enseignant·es. La conception de véhicules à propulsion miniaturisés utilisant différentes formes d'énergie a été retenue par l'équipe de pilotage (les chercheurs didacticiens, les ingénieur·es et le collaborateur pédagogique de sciences naturelles) comme étant une thématique pertinente pour introduire, dès le début de l'école primaire, le PCT tout en intégrant l'activité de modélisation. La modélisation est par ailleurs un objectif d'apprentissage (MSN 15 et 25) à atteindre pour les élèves de

7. Ces enseignant·es interviennent dans des classes de la 1^{re} à la 8^{me} pour des élèves âgés entre 4 et 12 ans.



l'école primaire. D'entente avec la direction d'école, il a été convenu de déployer une communauté de pratiques afin d'instituer progressivement la collaboration entre les acteur·rices dans le cadre d'un projet d'établissement s'étalant sur une année académique. Les enseignant·es ayant l'habitude d'être engagé·es dans des dispositifs de formation classique maintenant un rapport formateur·rice/formé·e ou expert·e/novice et accordant une faible place à l'analyse réflexive (Cochran-Smith & Lytle, 1999), nous avons introduit cette nouvelle modalité de collaboration en reprenant la définition de Wenger (2005) dans son ouvrage *La théorie des communautés de pratique* :

Un groupe de personnes qui travaillent ensemble et qui sont en fait conduites à inventer constamment des solutions locales aux problèmes rencontrés dans leurs pratiques professionnelles. Après un certain temps et au fur et à mesure que ces personnes partagent leurs connaissances, leurs expertises, ils apprennent ensemble. Cet apprentissage collectif informel produit des pratiques sociales qui reflètent à la fois l'évolution de la résolution des problèmes et les relations interpersonnelles qui s'ensuivent.

Nous avons insisté sur le fait qu'au sens de Wenger (2005, p. 55) « la pratique doit être interprétée comme un processus d'apprentissage » et qu'elle met en jeu trois dimensions fondamentales (que nous avons pris soin d'explicitier) contribuant à la cohérence de cette communauté entre les personnes : 1) un engagement mutuel (*mutual engagement*) ; 2) une entreprise commune (*joint enterprise*) ; 3) un répertoire partagé (*shared repertoire*). À propos de cette dernière, nous avons indiqué que ce répertoire est constitué de situations d'enseignement-apprentissage et d'un ensemble d'outils⁸ servant de points d'ancrage pour la construction de significations partagées sur le PCT dans la perspective d'une ETA. À l'issue de cette séance, les contours du projet ont été définis quant aux rôles et responsabilités des différentes catégories d'acteur·rices et aux attentes mutuelles. Un échéancier spécifiant les interventions prévues tout en prenant en considération les divers impératifs institutionnels a été convenu avec l'équipe-école.

Cette contribution se décline en deux articles dont les objectifs sont complémentaires. Dans ce premier article, nous développons les fondements et exposons les modalités de mise en œuvre de cette communauté pour faire entrer les enseignant·es dans un nouveau monde que nous appelons le « monde scolaire acculturé d'une ETA ». Après avoir présenté le cadre socioépistémique pour envisager la coconstruction de savoirs de métier sur une ETA, nous montrons comment ce cadre s'opérationnalise selon un processus de problématisation de la pratique dans les cinq phases de mise en œuvre de la CDPP. Dans cette communauté, le PCT est appréhendé comme un objet d'enseignement-apprentissage dont il s'agit de construire progressivement une « signification partagée » au sein d'une investigation menée conjointement par les acteur·rices (Desgagné & Bednarz, 2005).

Dans le second article, nous rendons compte, dans une perspective compréhensive, de la manière avec laquelle s'élabore progressivement un

8. Nous nous référons ici aux outils culturels et sémiotiques développés plus loin.



micro-univers discursif partagé sur le PCT selon une ETA par les acteur·rices de la CDPP dans la phase de coanalyse des situations d'enseignement-apprentissage où un débat d'expert·es est conduit par les chercheurs didacticiens auprès des enseignant·es, en appui sur diverses traces de leur activité. Nous nous intéressons à caractériser l'activité énonciative en jeu afin de voir dans quelle mesure celle-ci contribue à la construction de ce micro-univers entre les acteur·rices, d'une part, et au développement de la professionnalité des enseignant·es dans ce domaine de connaissance spécifique, d'autre part. Cette analyse révèle le potentiel de la CDPP pour la construction de points de vue partagés et de savoirs de métier sur le PCT chez les enseignant·es, et plus largement, pour le développement de leur professionnalité dans le champ de l'éducation technologique.

Fondements de la CDPP

En articulant des construits de la didactique de la technologie, de la didactique professionnelle, de la didactique comparée et des sciences du langage, la CDPP est un dispositif de recherche participative (Anadón, 2007) aux ancrages pluriels. Cette communauté se déploie dans le système méta-didactique de la formation en mettant en relation les expériences vécues dans le système didactique de la classe. D'un point de vue épistémologique, comme l'ingénierie didactique coopérative (Morales *et al.*, 2017), elle relève d'une double aspiration (Marlot & Roy, 2020) : celle de la recherche fondamentale pour mieux comprendre la pratique par la modélisation de phénomènes d'enseignement-apprentissage en vue de les rendre accessibles à des communautés scientifiques et celle de la recherche appliquée par la conception coopérative et contrôlée de ressources didactiques pour enseigner en vue de les rendre accessibles à des communautés professionnelles. Ces ressources, produites sous la responsabilité conjointe chercheur·es-enseignant·es (Sensevy & Mercier, 2007), ont pour effets escomptés de contribuer à l'amélioration des gestes professionnels des enseignant·es et des apprentissages des élèves (Daguzon & Marlot, 2019).

La CDPP relève d'une transposition de la communauté discursive disciplinaire scolaire (Bernié, 2002) en tant que modélisation pensée à l'origine pour l'apprentissage scolaire disciplinaire à une autre sphère, celle d'une communauté de pratiques professionnelles (Gobert, 2014)⁹. Dans la classe, le langage façonne l'arrière-plan épistémologique des modes d'énonciation spécifiques d'une discipline enseignée (Jaubert & Rebière, 2001), il est révélateur des normes discursives qui fondent une culture disciplinaire entre l'enseignant·e et les élèves et joue un rôle central dans leur développement cognitif (Bucheton & Soulé, 2009). Nous postulons qu'il en est de même dans une communauté de pratiques professionnelles en éducation technologique où l'enjeu consiste à développer « des pratiques qui lui sont propres, entre autres des formes relativement stables, les « genres de discours », en dépôt

9. Une communauté de pratiques professionnelle est un « collectif reconnu socialement pour et par la production de savoirs, de pratiques, de techniques, de discours, de théories » (Gobert, 2014, p. 65).



dans la culture, qui orientent l'action et la rendent interprétable» (Jaubert *et al.*, 2012, p. 2) par les acteur·rices de cette communauté. Par le biais de pratiques partagées autour d'une ETA, les acteur·rices peuvent agir, penser et s'exprimer, mais aussi apprendre ensemble et se développer professionnellement dans ce domaine de connaissance spécifique. En intégrant la dimension discursive à la communauté de pratique (Wenger, 2005), nous mettons ainsi l'accent sur les pratiques partagées et les productions intellectuelles ou matérielles qui en découlent, lesquelles se cristallisent dans des « formes discursives [...] qui rendent dicibles les contenus de savoir acceptables en son sein » (Jaubert, 2007, p. 96). Pour distinguer entre « communauté de pratique » et « communauté de discours (discursive) », nous reprenons Jaubert *et al.* (2004) qui considèrent le discursif comme constitutif des pratiques et accordent une place centrale aux processus sémiotiques¹⁰ en jeu dans le partage et le développement de celles-ci, en prenant en compte la genèse des significations attribuées par les acteur·rices sur un objet d'enseignement-apprentissage spécifique :

Une communauté de discours n'est pas l'équivalent d'une communauté de pratiques, et, si l'on peut considérer les deux expressions comme aussi insuffisantes l'une que l'autre pour enfermer ce qu'y mettent les chercheurs qui s'y intéressent, le choix du terme « discursif » indique suffisamment l'option de base : apprendre est irréductible au partage de pratiques, et la relation apprentissage / développement suppose la prise en compte de la genèse des significations, qui n'est pas de l'ordre de l'immédiateté. En proposant d'analyser les processus d'apprentissage scolaires en termes de communauté discursive en construction, nous voulons prendre en compte les processus sémiotiques, et construire le cadre requis pour l'appréhension de leur complexité : le discursif est constitutif des pratiques. (Jaubert *et al.*, 2004, p. 85).

Les acteur·rices de notre CDDP étant issu·es de différents mondes sociaux, leurs langages spécifiques ne sont pas a priori solubles les uns dans les autres (Ohlsson, 1998). Dès lors, se pose d'emblée un problème d'inter-incompréhension (Maingueneau, 1984)¹¹ lorsqu'ils et elles sont appelés à coopérer autour d'un objet d'enseignement-apprentissage spécifique comme le PCT. Plus spécifiquement, chacun·e des enseignant·es dispose de sa propre « épistémologie pratique » (Sensevy, 2007) quant à l'enseignement-apprentissage de ce processus selon une perspective d'ETA. L'épistémologie pratique de l'enseignant·e est : a) épistémologique, car elle porte sur la théorie d'action à usage professionnel issue des connaissances qu'il ou elle construit au cours de sa formation et par ses expériences professionnelles ; b) pratique, car « elle est produite pour la pratique, comme réponse générique aux multiples problèmes qu'elle [la pratique] révèle » (Sensevy, 2007, p. 38). Dans le système didactique de la classe, l'épistémologie pratique se concrétise en des « savoirs en acte », désignés sous différents

10. Soulignons que les processus sémiotiques sont à la fois discursifs et multimodaux.

11. Maingueneau (1984) parle des communautés discursives comme des espaces d'inter-incompréhension que l'activité discursive développée cherche à « résoudre ».



vocables selon les auteur·rices (par ex., des savoirs d'action, professionnels ou expérientiels¹²), lesquels font écho dans le monde anglo-saxon aux *teacher knowledge* ou *practical knowledge* (Van Driel *et al.*, 2001, p. 446) : «the whole of knowledge and insights that underlie teachers' actions in practice». Par leur double caractère tacite et hybride, ces savoirs s'acquièrent par l'expérience, au fil des années, dans la grande diversité des rencontres avec les groupes d'élèves et les collègues de l'institution scolaire, sans nécessairement faire l'objet d'une conscientisation ou d'une formalisation, et intègrent à la fois des éléments de connaissance scientifique et non scientifique (Rohaam *et al.*, 2012).

S'ils relèvent de formes scolaires traditionnelles (Barthes & Alpe, 2017), ces savoirs expérientiels ne sont pas opératoires pour une ETA. Ils doivent faire l'objet d'un enrichissement par des savoirs savants issus de la recherche (légitimés par des communautés scientifiques, par exemple des sciences de l'éducation ou de l'ingénierie) (Perrenoud *et al.*, 2008) et des savoirs experts issus des pratiques sociotechniques de référence (en l'occurrence celles de l'ingénieur·e dans ce projet) (Lebeaume, 2001 ; Martinand, 2003) à travers des éclairages épistémiques, épistémologiques ou didactiques apportés par l'équipe de pilotage. En conséquence, nous adoptons une épistémologie transformative par rapport aux savoirs expérientiels des enseignant·es (Rohaam *et al.*, 2012), en poursuivant l'intention de les transformer en des «savoirs de métier» (Brière & Simonet, 2021) opératoires dans le cadre d'une ETA. Ces savoirs incluent :

1. des *savoirs pour réaliser l'activité* tels que les «savoirs à enseigner» et les «savoirs pour enseigner». Faisant écho aux *SMK* et *PCK* (Shulman, 1986), ces savoirs se réfèrent respectivement aux «objets et outils de travail» de l'enseignant·e (Hofstetter & Schneuwly, 2009) ;
2. des *savoirs pour analyser l'activité* liés à l'adoption d'une posture réflexive chez l'enseignant·e, ce qu'Aldon *et al.* (2013) appellent des «savoirs réflexifs» ou «savoirs métadidactiques».

À propos de ces derniers, ceux-ci constituent des complexes de pratiques (*praxis*) et de connaissances (*logos*) prenant la forme de praxéologies (Sanchez & Monod-Ansaldi, 2015) en intégrant «fondamentalement la possibilité de langage pour parler la pratique, parler de la pratique, donner ou demander des raisons»¹³ (Collectif Didactique pour Enseigner, 2019). Les *savoirs pour analyser l'activité* sont tout particulièrement élaborés/mobilisés dans la phase de coanalyse des situations d'enseignement-apprentissage de la CDPP.

Nous envisageons donc les savoirs de métier dans une perspective actionnelle selon la Théorie de l'Action Conjointe en didactique (TACD) : «Le savoir est vu comme ce qui rend capable d'agir en situation. Le savoir confère donc une puissance d'agir dans une situation et au sein d'une institution spécifique.» (Ibid.). En acquérant ces savoirs, nous postulons que les

12. Par exemple, Perrenoud *et al.* (2008) désignent ces savoirs comme étant issus de l'expérience.

13. Glossaire de la TACD de l'ESPE Bretagne : <http://tacd.espe-bretagne.fr/glossaire>.



enseignant·es disposent d'un plus grand pouvoir d'agir (Grosjean, 2011), à la fois pour réaliser et analyser leur activité. Cette acquisition s'accompagne par ailleurs de « transformations identitaires qui s'opèrent pour faire face aux situations rencontrées sur le terrain (Paquay *et al.*, 2010) » (Van Nieuwenhoven & Colognesi, 2015, p. 106).

Nous considérons que l'acte d'enseigner consiste fondamentalement à accompagner les élèves dans l'appropriation d'un patrimoine de cultures de l'humanité (dont la culture technologique fait partie) et à les aider à construire une relation de sens et de valeur à l'égard de ce patrimoine. Notre préoccupation principale consiste à faire entrer les enseignant·es et leurs élèves dans un nouveau « monde » (François, 1993) que nous appelons le « monde scolaire acculturé d'une ETA ». Ce monde est constitué de pratiques (dont les pratiques langagières) et de situations de classe pouvant faire office d'« exemples emblématiques », ou au mieux d'« exemples exemplaires » (Morales *et al.*, 2017) d'une ETA :

Un exemple emblématique peut s'apparenter à une référence commune. Il est partagé dans un même groupe de personnes. Il prend appui sur une action effective, vécue, réalisée, ou rapportée par l'un des membres du groupe. [...] L'exemple emblématique peut alors être étudié, compris, et imité de manière plus ou moins créative par les membres du groupe.

Un exemple emblématique peut devenir un exemple exemplaire, selon le sens développé par Thomas Kuhn. En effet, un tel exemple deviendra exemplaire quand il sera reconnu et légitimé par les membres d'un collectif de penser. Il sera alors utilisé de manière routinière, sans qu'ils ressentent le besoin d'explicitation ni de justification, pour transmettre une connaissance, une pratique, voire une attitude adéquate, qui fera autorité dans la communauté concernée. (Collectif Didactique pour Enseigner, 2019).

Notre expérience dans la mise en œuvre de CDPP nous permet de témoigner du rôle central de ces exemples emblématiques et exemplaires construits *avec et pour* les enseignant·es en vue de les accompagner dans la transformation de leurs pratiques professionnelles en regard d'un objet d'enseignement-apprentissage spécifique comme le PCT. En effet, la définition de concepts ou d'approches didactiques et la présentation de situations de classe illustratrices ne sont pas suffisantes pour opérer une telle transformation. L'adoption de pratiques d'enseignement s'inscrivant dans une ETA ne va pas de soi pour des enseignant·es généralistes de l'école primaire. En l'absence d'une formation adéquate dans ce domaine, les risques de dérives d'une éducation technologique se réduisant à des activités de bricolage ou à des enseignements scientifiques déguisés en des exercices centrés exclusivement sur le développement d'habiletés manuelles sont fort élevés (Bousadra & Hasni, 2012 ; Lebeaume, 2001).

Ainsi, nous posons le cadre socioépistémique pour envisager la coconstruction de savoirs de métier entre des acteur·rices dans le cadre d'une ETA. Ce cadre est adopté également dans d'autres recherches participatives que



nous conduisons, par exemple dans le contexte d'une éducation à l'innovation technologique responsable (Zaid & Roy, 2024), reflète notre préoccupation d'assurer une forte interrelation entre les sphères de la pratique, de la recherche et de la société dans les processus de professionnalisation des enseignant·es. Ce nouveau monde se situe à l'interface de trois mondes (scolaire, conceptuel et professionnel) constitués de savoirs et de pratiques issus de différents registres tels que définis par Johsua (1998) (figure 1).

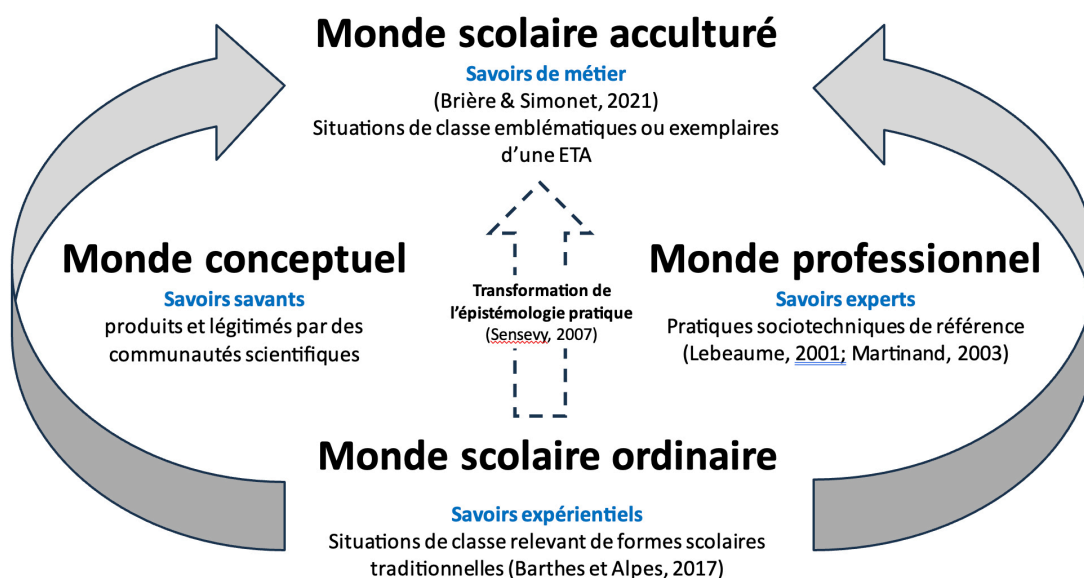


Figure 1 : Cadre socioépistémologique pour envisager la coconstruction de savoirs de métier sur une éducation technologique authentique

Afin de faire entrer les enseignant·es dans le «monde scolaire acculturé d'une ETA», nous les engageons dans un processus de «problématisation de la pratique» (Prével, 2018) par le biais d'activités formatives/réflexives se déployant dans les différentes phases de la CDPP, de la cosituation d'un problème d'enseignement-apprentissage à la coanalyse de situations d'enseignement-apprentissage selon un processus itératif (figure 2). Le problème d'enseignement-apprentissage est structuré autour d'un objet d'enseignement-apprentissage spécifique qu'il s'agit de construire progressivement au sein d'une investigation menée conjointement par les acteur·rices (Desgagné & Bednarz, 2005). La CDPP prend la forme d'une recherche-formation impliquant la collecte et la (co)analyse de données dans certaines de ses phases de mise en œuvre. Cela sera explicité dans la prochaine section.

Par «problématisation de la pratique», nous entendons le processus qui consiste à faire entrer les enseignant·es dans un nouveau régime de description théorisée de leur activité, au sein duquel les outils et langages spécialisés du monde conceptuel et du monde professionnel sont mobilisés afin de la «reconceptualiser et la réinterpréter» (Vergnaud, 2011) dans une perspective d'ETA. Ce nouveau régime de description de l'activité permet de modéliser conjointement des phénomènes didactiques dans le langage des modèles, de ce qui se dit normalement dans le «langage naturel de la



sémantique de l'action»¹⁴ (Sensevy, 2001) en termes de faits observés (Daguzon & Marlot, 2019). À titre d'exemple, dans le «langage naturel de la sémantique de l'action», un·e enseignant·e donne la consigne à ses élèves de décrire l'utilité générale d'une machine à café automatique, d'analyser son fonctionnement en se focalisant sur ses principales composantes et de donner leur appréciation sur son design. Dans le «langage des modèles spécifique de l'activité technique», l'ingénieur·e pourrait interpréter cette situation de classe comme une démarche d'analyse fonctionnelle visant à schématiser la fonction principale d'un objet technique (à quel besoin la machine à café répond-elle? Pour qui?), laquelle se décompose en plusieurs fonctions techniques (FT) pour aboutir à des solutions technologiques (ST), par exemple la FT₁ «stocker l'eau» avec comme ST₁ «le réservoir», la FT₂ «chauffer l'eau» avec comme ST₂ «la résistance électrique», la FT₃ «préparer le café à infuser» avec comme ST₃ «le broyeur à café», etc. À ces fonctions peut s'ajouter également la fonction d'estime (FE) traduisant la partie subjective d'un besoin. Cette dernière se réfère par exemple à l'esthétique, la qualité ou la valeur accordée à un objet dans la société.

Les activités formatives/réflexives proposées aux enseignant·es sont pensées en vue d'établir des relations dynamiques descendantes et ascendantes entre l'abstrait (monde des construits théoriques) et le concret (monde des situations scolaires et professionnelles, qui à terme peuvent faire office d'exemples emblématiques ou exemplaires). Pour ce faire, des «outils culturels et sémiotiques»¹⁵ (OCS) (Jaubert *et al.*, 2004) ayant la capacité de transformer les «épistémologies pratiques» (Sensevy, 2007) des enseignant·es sont partagés par l'équipe de pilotage (et aussi coconstruits avec les enseignant·es) de manière qu'ils puissent façonner leur activité (Vygotski, 1994/1925)¹⁶ et en retour, leur octroyer la possibilité de les transformer (Wirthner & Schneuwly, 2004)¹⁷. Ces outils agissent comme outils de pilotage de la CDP en permettant d'acter la coopération (Lyet, 2011) d'un point de vue épistémique (circulation, reproblématisation et recomposition des savoirs) entre les acteur·rices autour d'une ETA. Plus spécifiquement, ils prennent le statut d'«objet-frontière»¹⁸ (Star, 1989) en favorisant le rapprochement des univers professionnels d'acteur·rices issu·es de mondes sociaux distincts. Dans certains cas, ils ont plus spécifiquement le statut d'«objet biface» (Ligozat & Marlot, 2016) lorsqu'ils mettent en écho un concept théorique/didactique avec une situation de classe (explicitée par un·e enseignant·e) ou une situation professionnelle (explicitée par un·e ingénieur·e).

14. Il s'agit du sens qu'un·e acteur·rice familier·ère de la production de son action («naturelle») attribuée à celle-ci (Sensevy, 2001).

15. Ces outils sont désignés ainsi parce qu'ils sont porteurs d'une culture à transmettre à travers une activité de sémiologie ayant pour finalité la construction de significations partagées entre des acteur·rices.

16. En référence au concept d'«acte instrumental» de Vygotski (1994/1925).

17. «Puisque l'outil donne une forme à l'activité, la transformation de l'outil transforme l'activité, les manières de se comporter face à l'objet et aux autres» (Wirthner & Schneuwly, 2004, p. 110).

18. 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 appelés à coopérer (Trompette & Vinck, 2009).



Plusieurs arguments justifient le choix des OCS dans le fonctionnement d'une communauté discursive professionnelle (celle qui s'opère entre les différentes catégories d'acteur·rices) articulée à une communauté discursive disciplinaire scolaire (Bernié, 2002) (celle qui s'opère entre l'enseignant et les élèves en classe). Les OCS portent en eux toute l'épaisseur de l'outil psychologique vygotkien. En tant qu'objets œuvrés en dépôt dans la culture, ils sont le fruit de négociations collectives pour en stabiliser leur «signification partagée». En tant qu'objets d'appropriation en formation professionnelle, ils supposent la reconstruction et l'intériorisation d'une nouvelle signification dans une activité énonciative impliquant la confrontation des points de vue de différents catégories d'acteur·rices. Enfin, en tant qu'objets impliqués dans le processus d'enseignement-apprentissage, ils nécessitent un travail langagier de négociations permanent entre les acteur·rices de la classe selon un double mouvement: d'appropriation de l'inter à l'intra et de verbalisation de l'intra à l'inter. Ce travail est nécessaire pour contrer l'hétéroglossie¹⁹ (Jaubert *et al.*, 2012, p. 7) et aller au-delà d'une juxtaposition des significations attribuées à un objet d'enseignement-apprentissage. L'adjectif «sémiotique» adossé à la notion d'«outil culturel» met en exergue la présence des dimensions contextuelle (ancrage dans une situation spécifique) et dialogique (construction de sens impliquant le soi et l'autre) dans la construction d'une signification partagée. Ainsi, les OCS ne portent pas en eux une signification prédéterminée, et encore moins une procédure toute faite permettant d'atteindre une «signification partagée». En d'autres mots, la signification ne se trouve pas dans l'objet lui-même, mais résulte d'une construction progressive de celui-ci à travers ses usages par les acteur·rices et les significations qu'ils et elles attribuent lors des activités formatives/réflexives menées au sein de la CDPP (Bakhtine, 1984; Wittgenstein, 1973).

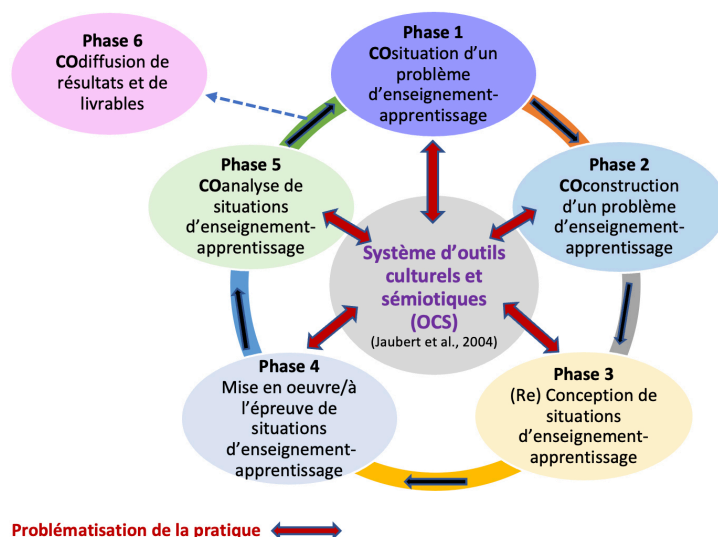


Figure 2 : Modélisation du fonctionnement itératif de la CDPP avec le système d'outils culturels et sémiotiques

19. Ce phénomène apparaît lorsque qu'une situation interprétée par des acteur·rices «convoquent des modes d'agir-penser-parler (des «voix» selon la terminologie bakhtinienne) hétérogènes, propices aux malentendus et dysfonctionnements discursifs» (Jaubert *et al.*, 2012, p. 7).



Dans ce processus de problématisation de la pratique, les chercheurs didacticiens et les ingénieur·es «tiennent la lanterne»²⁰ (Ligozat & Marlot, 2016) afin d'apporter des éclairages épistémiques, épistémologiques ou didactiques sur un objet d'enseignement-apprentissage spécifique en s'appuyant sur des OCS, même si ce portage se partage progressivement au fur et à mesure que se développe le processus de coopération (Marlot & Roy, 2020). Quant aux enseignant·es, ils et elles s'engagent à prendre en compte, du moins à se positionner, sur ces outils, et à faire part de la manière dont ils et elles s'en saisissent pour concevoir, mettre en œuvre et adapter leurs situations d'enseignement-apprentissage (Ibid.). Dans les différentes phases de mise en œuvre de la CDPP, les réflexions sont orientées de manière à inscrire ces outils dans un système cohérent. Dans la prochaine section, nous explicitons concrètement la succession d'activités formatives/réflexives avec les OCS partagés et coconstruits afin de structurer le milieu de la coopération entre les acteur·rices dans les différentes phases de la CDPP.

Sur le plan épistémique, la problématisation de la pratique implique une «reproblématisation des savoirs» (Martinand, 2000) des un·es et des autres dans un contexte spécifique (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»²¹ (Dugal & Léziort, 2004 ; Marlot, 2020) (d'action, savants et experts) en leur faisant emprunter volontairement des voies pour interagir et se recomposer en de nouveaux savoirs, dont une part prend la forme de «savoirs de métier» (Brière & Simonet, 2021) opératoires pour une ETA. À titre d'exemple, nous pouvons penser à l'acquisition de savoirs de métier visant à engager les élèves dans un PCT intégrant la modélisation dans différentes phases de mise en œuvre, en appui sur un cahier des charges (Didier, 2017) similaire à celui utilisé par des ingénieur·es.

Au sens de Laurent (2018, p. 17-18), la problématisation de la pratique est une activité coopérative (et pas uniquement collaborative) à teneur épistémique (de partage et de coconstruction de savoirs) :

Si l'on collabore pour faire, on coopère pour savoir [...]. L'œuvre collective que vise la coopération est la connaissance commune [...]. Parce que coopérer, c'est apprendre à connaître ensemble, la coopération transforme les humains en pédagogues les uns pour les autres.

Il importe de souligner deux principes que nous retenons quant à la circulation des savoirs dans le fonctionnement de la CDPP. Le premier principe se réfère à la non-propriété des savoirs. Si les différentes catégories de savoirs présentés dans la figure 1 sont associées à des mondes spécifiques,

20. Nous prenons ainsi une position plus radicale que dans les ingénieries didactiques coopératives concernant le partage des responsabilités relatives à l'enquête commune.

21. Ces deux auteurs s'appuient notamment sur le concept de transposition didactique développé par Chevallard (1991) dans lequel on perçoit déjà «l'idée de transformation des savoirs»: des savoirs différents «se confrontent, se frottent et se modifient les uns et les autres» (Dugal & Léziart, 2004, p. 38) (Petrucci, dans ce numéro thématique).



ils ne sont pas pour autant exclusifs à ceux-ci (Jaubert & Rebière, 2021), et encore moins à des acteur·rices spécifiques. Ainsi, les savoirs savants issus de la recherche ne sont pas la propriété des chercheur·es, de même que les savoirs d'action ne sont pas la propriété des enseignant·es. Comme dans l'ingénierie didactique coopérative, nous allons à contrevent du dualisme théorie-pratique selon lequel les chercheur·es tiennent une position théorique et les praticien·nes tiennent une position pratique au niveau des buts et des moyens (Morales *et al.*, 2017).

Le second principe se réfère à la valeur accordée aux savoirs. Les savoirs savants, experts et expérientiels issus des différents mondes sont pour nous d'égale valeur. Nous les envisageons dans leur complémentarité au sens fort du terme (Grize, 2011) : chacun des savoirs ne peut se concevoir en lui-même, chacun renvoie à l'autre. Ce positionnement est cohérent avec le statut de « coconstructeur·rice du savoir » (Desgagné *et al.*, 2001) que nous accordons à l'ensemble des acteur·rices de la CDPP. En tant qu'expert·e de sa propre pratique professionnelle, chacun·e des acteur·rices réfléchit et agit avec les savoirs qui sont les siens et fait en sorte que ses savoirs puissent se confronter à ceux des autres afin de participer à l'œuvre coopérative de coconstruction de savoirs (Marlot & Roy, 2020). Comme le relèvent Vinatier et Morrissette, (2015, p. 144), la mise en relation des savoirs complémentaires des acteur·rices dans une recherche collaborative « a pour enjeu, du côté des praticiens, une augmentation de leur pouvoir d'action et, du côté des chercheurs, une compréhension plus fine des principes que les enseignants tiennent pour vrais et qui organisent leur activité en situation d'enseignement-apprentissage. ». Dans ce processus, nous encourageons par ailleurs des modalités d'interaction permettant aux acteur·rices d'adopter une pluralité de postures énonciatives (co-énonciation, sous-énonciation ou sur-énonciation) par rapport aux savoirs en jeu (Rabatel, 2012). Cela sera mis en évidence dans le second article composant cette contribution. En résumé, nous assumons une position dissymétrique entre les acteur·rices :

Il n'y a pas interchangeabilité des rôles et des actions, mais plutôt possibilité que chacun des acteurs puisse jouer le rôle d'informateur pour l'autre en tant que connaisseur expert de sa propre pratique, en vue d'apporter des éléments de réponse au problème d'enseignement-apprentissage collectivement construit et qui ne saurait être résolu que par le concours des différents acteurs. (Marlot & Roy, 2020, p. 170).

Explicitation du fonctionnement de la CDPP avec le système d'outils culturels et sémiotiques

Cinq séances d'une demi-journée, étalées de l'automne 2018 au printemps 2019, ont permis d'engager les enseignant·es dans une succession d'activités formatives/réflexives aux différentes phases de mise en œuvre de la CDDP. Dans les paragraphes qui suivent, nous décrivons succinctement ces activités en mettant en exergue leurs finalités, les OCS partagés, co-construits et mobilisés, et leur contribution en termes de mise en relation entre les mondes spécifiques.



Les trois premières séances de la CDPP ont été dédiées aux phases de COsituation et de COconstruction d'un problème d'enseignement-apprentissage avec comme objectifs d'amener les acteur·rices à partager leurs préoccupations et questions de métier au regard d'une ETA et de les problématiser progressivement en s'appuyant sur divers OCS. Dans ces phases, la «lanterne» des chercheurs didacticiens et des ingénieur·es (Ligozat & Marlot, 2016) permet de se centrer sur certaines préoccupations des enseignant·es en sélectionnant celles pouvant revendiquer le statut de variable didactique, c'est-à-dire dont les choix didactiques retenus sont susceptibles d'influencer les apprentissages des élèves en classe (Marlot & Roy, 2020). Lors de la première séance (21.11.2018), nous avons conduit un focus group (Duchesne & Haegel, 2004) auprès des enseignant·es afin d'accéder à leurs épistémologies pratiques (Sensevy, 2007) sur le PCT. L'entretien, contextualisé par une situation problématisante et accompagnée d'une dizaine de capsules vidéo portant sur la conception de véhicules à propulsion miniaturisés selon différentes formes d'énergie, s'est focalisé sur les tâches et les activités des élèves dans un PCT, sur les apprentissages potentiels, ainsi que sur la contribution de ce processus au développement de la pensée design/technique et du langage des élèves (annexe 1). Il nous a permis d'identifier une compréhension partielle du PCT chez les enseignant·es, en particulier une confusion d'ordre épistémologique entre ce qui relève d'un processus d'investigation scientifique et d'un processus de conception technique. Ce constat n'est pas surprenant à la lumière des propos manifestés par plusieurs d'entre eux et elles à l'issue de cet entretien, quant à : a) leur faible sentiment de compétence personnelle sur la mise en œuvre globale d'un PCT en classe ; b) leur manque de connaissance sur les savoirs scientifiques et techniques en jeu dans ce processus ; et c) l'absence de ressources didactiques mises à leur disposition dans ce domaine de connaissance spécifique (l'enseignement des sciences est davantage valorisé). Pour des raisons éthiques, ces constats n'ont pas été transmis aux enseignant·es, mais ont été pris en compte comme enjeux à clarifier dans une séance ultérieure. Ce choix s'inscrit dans un processus de formation continue réfléchi entre les chercheurs didacticiens et le collaborateur pédagogique de sciences.

Une fois le focus group terminé, nous nous sommes focalisés sur les savoirs scientifiques susceptibles d'être mobilisés lors de la conception de véhicules à propulsion miniaturisés avec comme intention de les outiller sur les concepts de force, de masse, de poids et de frottement. Ce choix a été fait sur la base du conseil du collaborateur pédagogique de sciences naturelles, lequel s'est d'ailleurs chargé de préparer et d'animer, conjointement avec les ingénieur·es en présence, un atelier expérimental dans lequel les enseignant·es ont été amené·es à décrire qualitativement et quantitativement la relation entre la masse et le poids d'un caillou, le comportement du caillou selon la nature d'une surface et la force de traction nécessaire pour le déplacer (figure 3) (annexe 2). Au terme de cet atelier, un moment d'institutionnalisation des concepts scientifiques a été réalisé. Dans cette première séance, deux OCS ont été transmis : une situation-problème sur la conception de véhicules à propulsion miniaturisés pour amorcer une première réflexion sur le PCT et un protocole de laboratoire destiné à consolider quelques concepts scientifiques fondamentaux chez les enseignant·es.



Figure 3 : Atelier expérimental pour étudier la relation entre la force de frottement, l'état d'une surface et le poids d'un objet

Lors de la deuxième séance (05.12.2018), nous avons abordé le PCT avec une entrée sur l'activité de modélisation, en insistant sur l'importance de développer une représentation fonctionnelle d'un objet/système technique (Bonnardel, 2006 ; Leplat, 1997) au moyen d'outils de modélisation du monde professionnel des ingénieur·es. Dans la première partie de cette séance, les enseignant·es ont été appelé·es à se représenter la structure et le fonctionnement d'une machine à café automatique, au moyen d'un schéma de construction, d'un schéma d'analyse fonctionnelle externe (schéma «Bête à cornes») et d'un schéma d'analyse fonctionnelle interne (schéma FAST «Functional Analysis System Technique») ²². Afin d'approfondir leur compréhension de ce dernier, nous les avons engagé·es dans une analyse fonctionnelle interne d'un Scooter (construction et mise en commun d'un schéma à partir d'un ensemble d'étiquettes à réorganiser selon ses fonctions et solutions techniques). Au terme de cette activité, un moment d'institutionnalisation de ces savoirs techniques a été réalisé. Puis, nous avons pris soin de situer ces fonctions dans le cahier des charges fonctionnel de ces objets techniques. Nous avons attiré l'attention des enseignant·es sur le fait que le cahier des charges joue un rôle central dans le monde professionnel : «Le cahier des charges occupe une place centrale dans les tâches de conception industrielle, en tant que moyen d'orientation des activités d'organisation des compétences et d'échanges d'informations entre spécialistes» (Lebahar, 2004, p. 138). En tant qu'outil didactique (Didier, 2017), nous leur avons suggéré d'utiliser une version adaptée d'un tel cahier pour soutenir l'activité de conception des élèves en classe. Dans la seconde partie de la séance, il s'agissait de les engager dans une activité de conception d'un véhicule à propulsion miniaturisé à partir d'une situation problématisante (reformulation de celle introduite lors du focus group). En équipe, ils et elles ont été

22. À partir d'une fonction principale à satisfaire, il s'agit de faire une décomposition en fonctions techniques pour aboutir aux solutions technologiques.



appelé·es à élaborer un schéma FAST et un schéma de concepts (croquis) de ce véhicule répondant aux exigences de la situation, afin d'orienter sa conception, sa fabrication et son amélioration à la suite de sa mise à l'essai (figure 4).

Schéma FAST d'un véhicule à propulsion miniaturisé

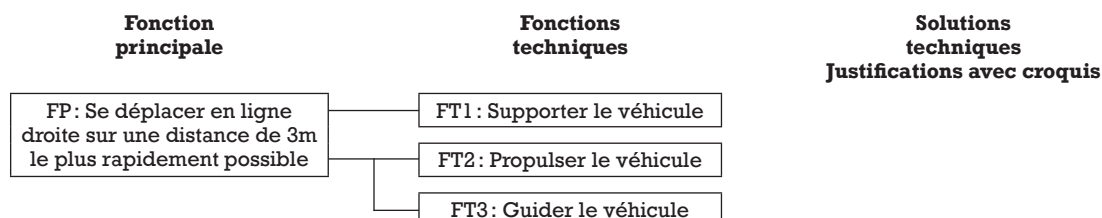


Figure 4 : Réalisation par les enseignant·es d'un schéma FAST d'un véhicule à propulsion miniaturisé

Une fois les schémas réalisés, chacune des équipes a procédé à la fabrication de son véhicule avec du matériel non sophistiqué, évalué sa performance, identifié des problèmes de fonctionnement et a réfléchi à des pistes pour améliorer sa performance selon les exigences du concours. En plénière, nous les avons sollicité·es à évaluer leur prototype en regard des trois sous-systèmes identifiés dans le schéma FAST: 1) le châssis pour sa capacité à supporter les composantes structurales (sa rigidité) et à se déplacer rapidement (sa légèreté); 2) le système de propulsion pour sa capacité à le propulser rapidement sur une distance de 3 m; 3) le système de guidage/roulement pour sa capacité à le diriger en ligne droite en le faisant rouler avec un minimum de friction entre les diverses composantes structurales (figure 5). Lors de cette évaluation, il leur a été demandé d'expliciter les écarts entre le *pensé* et le *réalisé* et de proposer des pistes d'amélioration de leur prototype. L'activité des enseignant·es a été filmée durant toutes les phases de conception de leur véhicule et un montage vidéo d'une dizaine de minutes, constitué d'épisodes considérés comme emblématiques des différentes phases de ce processus, a été réalisé par les chercheurs didacticiens.



Figure 5 : Évaluation de la performance des véhicules à propulsion miniaturisés par les enseignant·es

La troisième séance (30.01.2019) a été consacrée à la conceptualisation du PCT par les enseignant·es, avec le soutien des ingénieur·es, des chercheurs didacticiens et du collaborateur pédagogique de sciences naturelles.



Sur la base de leurs expériences vécues, et en appui avec le montage vidéo réalisé par les chercheurs didacticiens, il leur a été demandé de produire un schéma illustrant le PCT de leur véhicule en mettant en exergue les principaux processus cognitifs en jeu, incluant ceux liés à l'activité de modélisation (figure 6).

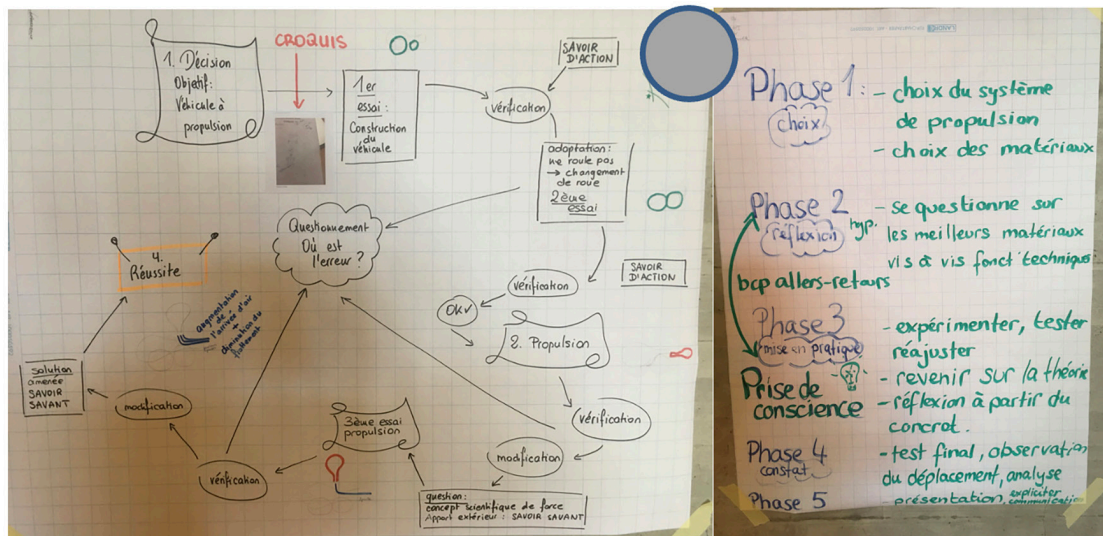


Figure 6 : Exemples de schémas illustrant le processus de conception technique de véhicules à propulsion miniaturisés par les enseignant·es

Cette activité a été suivie d'une présentation par les chercheurs didacticiens et les ingénier·es de plusieurs modèles de PCT afin que les enseignant·es puissent conceptualiser, au-delà de leurs expériences vécues, un PCT s'inscrivant dans une ETA pour l'école primaire. Un accent a été mis sur les processus cognitifs (Mentzer *et al.*, 2015) en jeu dans ces modèles, sachant que ceux-ci sont très diversifiés et ne font pas l'objet d'un consensus dans le monde professionnel ou le monde scolaire (Hynes, 2012). Néanmoins, à la lumière de revues de littérature portant sur les PCT (par ex., celle de Grubbs *et al.*, 2018), certains processus cognitifs caractérisant la pensée design/technique d'ingénieur·es ou d'élèves de l'école obligatoire apparaissent de manière récurrente²³. Cunningham et Kelly (2017a, 2017b, 2019), sur la base de réflexions conceptuelles et d'études empiriques menées dans les milieux professionnels et scolaires, ont développé le concept de Pratiques Épistémiques d'Ingénierie (PEI) (*Epistemic Practices of Engineering*). Dans une perspective de transposition didactique des pratiques techniques expertes en des pratiques techniques scolairement organisées, nous nous sommes appuyés sur ces PEI, par essence interdisciplinaires (Kelly & Licona, 2018) et développées dans la contribution de Roy (2020) : définir des problèmes, générer et sélectionner des solutions en recourant à une approche systématique et itérative, analyser et modéliser, expérimenter et évaluer, communiquer et prendre des décisions. Nous les avons intégrées dans un PCT à caractère didactique se déployant en 5 phases itératives

23. Pour plus d'information à ce sujet, voir la contribution de Roy (2020).



(problématiser-développer-planifier-créer-évaluer) comme OCS de référence pour soutenir la conceptualisation de leur propre PCT (figure 7). Ce processus s'inspire de plusieurs approches curriculaires de la conception (ex. : *Design-based science learning cycle*, *Engineering Design Process Technology*, *Education Design Process*).

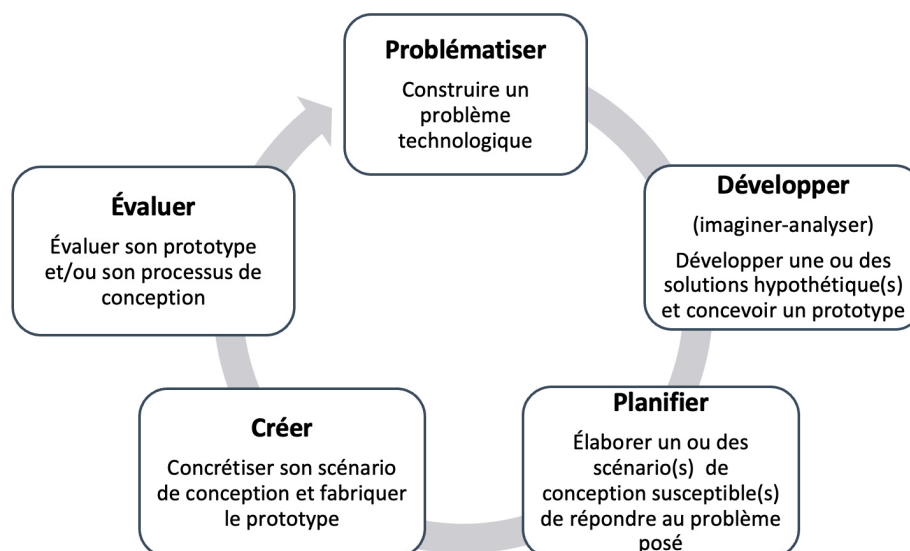


Figure 7 : PCT de référence pour soutenir la conceptualisation d'un PCT par les enseignant·es

Par la suite, nous avons réalisé une analyse comparative des processus d'investigation scientifique et technique afin de les différencier sur les plans de leurs finalités et modalités opératoires, sachant que les enseignant·es sont davantage familier·ères avec le premier processus.

Tableau 1 : Comparaison des processus d'investigation scientifique et de conception technique

| Processus d'investigation scientifique Finalité : comprendre un phénomène scientifique | Processus de conception technique Finalité : construire un objet/système technique répondant à un besoin |
|--|--|
| Construire un problème scientifique | Construire un problème technologique |
| Formuler des questions de recherche et émettre des hypothèses | Spécifier le besoin en clarifiant les fonctions (principale, techniques, etc.) de l'objet ou du système technique |
| Concevoir un scénario d'investigation (par exemple, un protocole expérimental) | Créer des solutions techniques répondant aux fonctions techniques, choisir la ou les meilleures, et les développer |
| Tester les hypothèses en réalisant l'investigation | Concevoir un prototype |
| Analyser les résultats et en tirer des conclusions | Tester et améliorer le prototype |

Durant les trois premières séances de la CDPP, le processus de négociation entre les différent·es acteur·rices a permis de prioriser certaines préoccupations collectives grâce à la «lanterne» des chercheurs didacticiens et des ingénieur·es (Ligozat & Marlot, 2016), et a conduit à la coconstruction d'un problème d'enseignement-apprentissage (phase 2) en s'appuyant sur les divers OCS : *Comment engager les élèves dans un PCT interdisciplinaire ayant un fort potentiel pour la mobilisation de la pensée design/technique ?*



La quatrième séance de travail (29.02.2019) a été dédiée à la conception coopérative des situations d'enseignement-apprentissage en équipe-cycle (phase 3). Bien que des éclairages épistémiques, épistémologiques et didactiques soient apportés par l'équipe de pilotage dans cette phase, une place importante est accordée à l'ingéniosité des enseignant·es dans la manière de concrétiser le système d'OCS en classe. Ainsi, «tenir la lanterne» ne signifie pas se substituer aux enseignant·es. La mise en œuvre/à l'épreuve de situations d'enseignement-apprentissage en classe (phase 4) s'est déroulée sur une période d'environ quatre mois. À leur demande, certain·es enseignant·es ont pu bénéficier d'un accompagnement à la planification, voire d'un co-enseignement avec un·e ingénieur·e et le collaborateur pédagogique de sciences naturelles. Dans les séances de classe, les ingénieur·es ont pris une posture d'expert·e en soutenant les enseignant·es et les élèves dans la conduite d'un PCT. Des traces numériques de l'activité de l'ensemble des enseignant·es (planification d'enseignement, productions d'élèves et autres artefacts) ont été mises à disposition du collectif dans un répertoire partagé. Pour deux enseignant·es volontaires, des entretiens ante facto et des enregistrements vidéo en classe ont été réalisés de manière à procéder éventuellement à l'analyse de leurs pratiques d'enseignement effectives.

Si ces données ne font pas l'objet d'une analyse dans le cadre de cet article, nous souhaitons toutefois illustrer quelques moments de classe d'une enseignante (désignée par l'acronyme LRA) de 5^H (3^e année du primaire) ayant engagé ses élèves dans un PCT de véhicules à propulsion miniaturisés. Une fois le problème technologique énoncé, les élèves ont conçu un premier prototype en réalisant un schéma de principes avec le soutien de LRA (figure 8). Ils et elles ont été convié·es à analyser, en équipes et en plénière, la pertinence et la faisabilité de leurs idées de conception en relation avec le problème posé. À la suite de ces analyses, ils et elles ont bonifié leurs schémas de principes et ont entamé la réalisation de leurs véhicules avec le matériel à disposition, en se focalisant sur les fonctions techniques «supporter» et «guider» (figure 9). Une évaluation en plénière de la performance des premiers prototypes a permis de leur faire prendre conscience des écarts entre le *pensé* et le *réalisé*, d'identifier des problématiques de fonctionnement (par ex., le guidage n'est pas optimal en raison de l'alignement, le roulement n'est pas optimal en raison du frottement, etc.) et d'envisager des pistes d'amélioration (figure 10). Cette évaluation a impliqué une analyse comparative des schémas de principes et des réalisations matérielles afin de mettre en exergue les défis relatifs à l'articulation conception-réalisation. Au terme d'un second cycle de conception, un ingénieur (désigné par l'acronyme VBO) a accompagné LRA dans la phase d'évaluation des prototypes. En plénière, VBO a testé l'ensemble des prototypes des élèves en utilisant un plan incliné pour générer l'énergie potentielle (et cinétique) nécessaire à leur propulsion. Il s'agissait notamment de procéder à une évaluation collective de la qualité du guidage et du roulement des véhicules, tout en valorisant les réalisations des élèves (figure 11). Lors de ces essais, VBO a expliqué aux élèves plusieurs concepts scientifiques, dont ceux d'énergies potentielle et cinétique, de vitesse, de frottement, de chaleur, de guidage



et d'alignement afin d'approfondir leur compréhension globale de leur objet/système technique et de générer collectivement des pistes d'amélioration possibles. Dans la perspective de rendre intelligibles ses explications, VBO a coordonné plusieurs registres de représentation sémiotique, soit le langage oral vulgarisé, les gestes par les mains et le schéma de principes (figure 12).

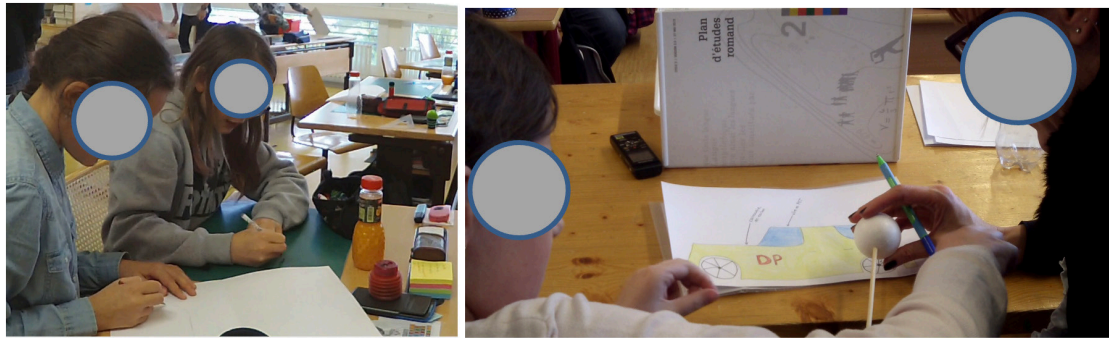


Figure 8 : Conception des premiers prototypes de véhicules à propulsion miniaturisés par des élèves de 5^H de la classe de LRA

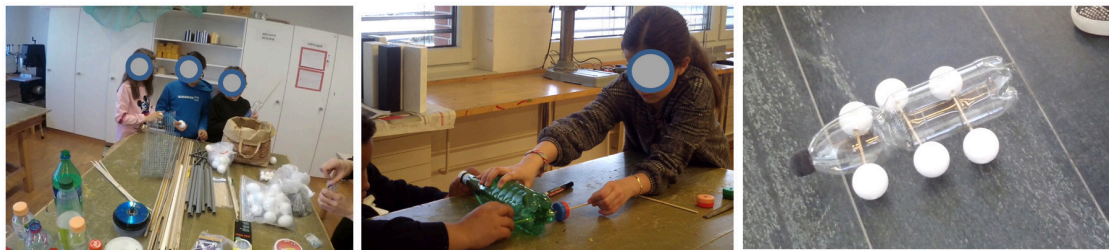


Figure 9 : Fabrication des premiers prototypes de véhicules à propulsion miniaturisés par des élèves de 5^H de la classe de LRA

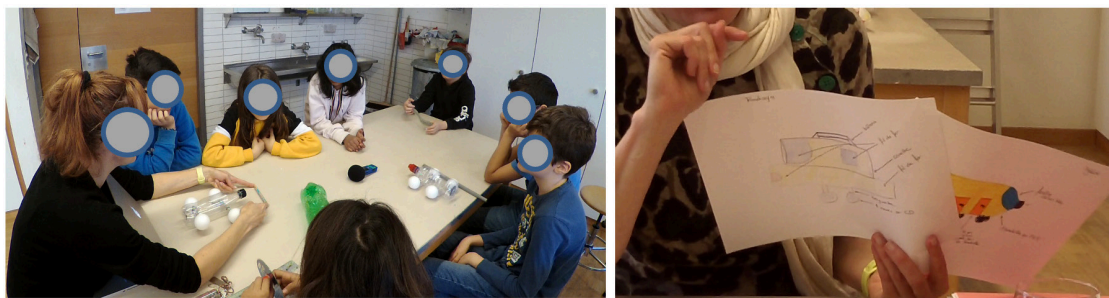


Figure 10 : Évaluation en plénière des premiers prototypes de véhicules à propulsion miniaturisés par des élèves de 5^H de la classe de LRA

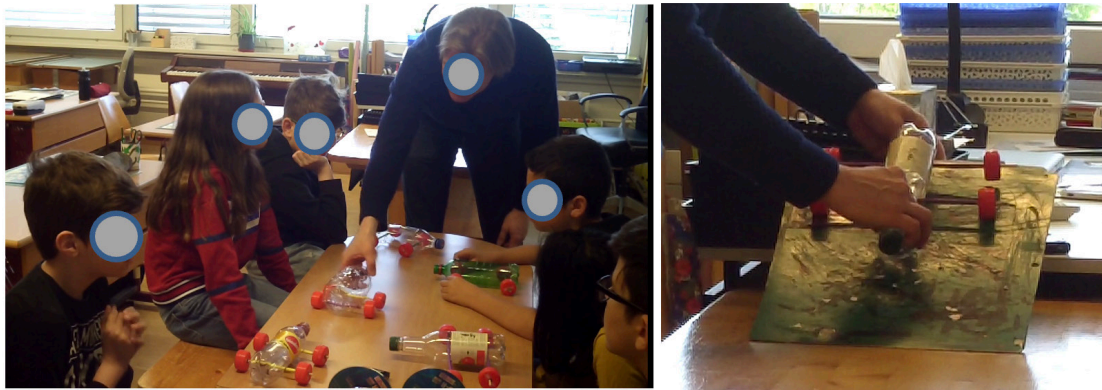


Figure 11 : Évaluation en plénière, avec le soutien de l'ingénieur VBO, des premiers prototypes de véhicules à propulsion miniaturisés par des élèves de 5^H de la classe de LRA

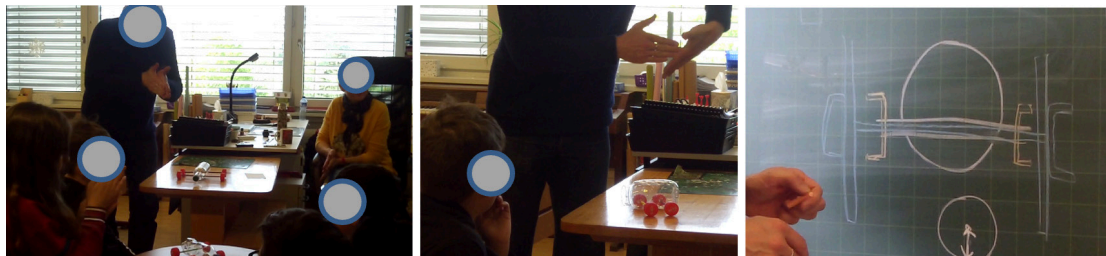


Figure 12 : Explication, par l'ingénieur VBO, de concepts scientifiques en jeu dans le fonctionnement des véhicules à propulsion miniaturisés

Enfin, lors de la cinquième séance de coanalyse des situations d'enseignement-apprentissage (phase 5), les chercheurs didacticiens ont conduit un débat d'expert·es auprès des enseignant·es, en appui sur diverses traces de leur activité préalablement recueillies. En tant que moyen pour coanalyser l'activité, celui-ci a permis de poursuivre le processus de problématisation de la pratique (Prével, 2018) selon une triple intention : 1) contribuer à l'adoption d'une posture réflexive en regard de leur activité et de celle de leurs pairs ; 2) élargir le champ des possibles quant à la manière de concrétiser une ETA en classe ; 3) adapter le cahier des charges en vue de la reconception des situations d'enseignement-apprentissage. En amont, une trentaine de minutes a été allouée aux enseignant·es afin de se préparer à ce débat dont une part des questions vise à mobiliser des objets bifaces (Ligozat & Marlot, 2016) par la mise en écho de deux objets didactiques (le PCT et son activité de modélisation sous-jacente) avec des situations de classe ou professionnelles (annexe 3). Dans ce débat de type interprétatif, le rôle qu'exercent les chercheurs didacticiens dans le processus de réflexivité est central compte tenu du fait que les enseignant·es n'ont pas nécessairement l'habitude dans leur quotidien d'autoanalyser leur activité sur la base d'outils théoriques.

Le fonctionnement d'une CDPP (Marlot & Roy, 2020) est itératif, en ce sens qu'il prévoit une double, voire une triple réitération d'un cycle de mise en œuvre afin d'améliorer les situations d'enseignement-apprentissage. En outre, une sixième phase peut s'ajouter aux cinq phases précédentes, soit la phase de



codifusion de la CDPP. Cela peut prendre la forme d'une publication impliquant une contribution conjointe des différentes catégories d'acteur-rices dans une revue professionnelle ou dans un colloque de manière que les résultats et les livrables (situations d'enseignement-apprentissage accompagnées des expériences générées) puissent être valorisés et rendus accessibles à d'autres acteur-rices au-delà de la CDPP. Dans le deuxième article composant cette contribution, c'est sur ce débat d'expert-es que nous nous focalisons.

Le tableau 2 résume la succession d'activités formatives/réflexives en mettant en exergue les moyens de collectes de données (en vert) et les OCS partagés, coconstruits ou mobilisés (en mauve) par les acteur-rices dans les différentes phases de la CDPP.

Tableau 2 : Activités formatives/réflexives et moyens de collecte de données dans les différentes phases de la CDPP

| | |
|--|---|
| Phase 1 Cosituation d'un problème d'enseignement- apprentissage | <ul style="list-style-type: none"> • Focus group pour accéder aux épistémologies pratiques (Sensevy, 2007) des ENS sur le PCT (situation problématisante) • Identification de confusions d'ordre épistémologique sur le PCT chez les ENS • Prise en compte du sentiment de compétence personnelle sur l'enseignement-apprentissage du PCT chez les ENS • Partage, identification et sélection de préoccupations communes à caractère didactique sur le PCT |
| Phase 2 Coconstruction d'un problème d'enseignement- apprentissage | <ul style="list-style-type: none"> • Atelier expérimental sur des concepts scientifiques (force, masse, poids et frottement) (protocole de laboratoire) • Atelier sur la modélisation d'objets/systèmes techniques (introduction au schéma d'analyse fonctionnelle avec la machine à café et le scooteur) (Bonnardel, 2006) • Introduction au cahier des charges comme outil didactique (Didier, 2017) • Atelier de conception/réalisation d'un véhicule à propulsion miniaturisé (mobilisation du schéma d'analyse fonctionnelle) • Enregistrement vidéo et montage d'un film d'activité constitué d'évènements remarquables du PCT chez les ENS (Leutenegger, 2009) • Conceptualisation par les ENS d'un PCT pour la classe en appui sur les expériences vécues, le film d'activité et les artefacts construits • Identification des processus cognitifs en jeu dans les PCT des ENS (Mentzer <i>et al.</i>, 2015) • Proposition par les CH et ING d'un PCT pour développer la pensée design/technique (Cunningham & Kelly, 2019; Dym <i>et al.</i>, 2005; Roy, 2020) • Comparaison des processus d'investigation scientifique et de conception technique • Reconceptualisation par les ENS d'un PCT pour la classe • Formulation d'un problème d'enseignement-apprentissage : <i>Comment engager les élèves dans un PCT interdisciplinaire ayant un fort potentiel pour la mobilisation de la pensée design/technique ?</i> |
| Phase 3 (Re) Conception de situations d'enseignement- apprentissage | <ul style="list-style-type: none"> • Conception coopérative des situations d'enseignement-apprentissage en équipe-cycle avec l'accompagnement des CH, ING et du CS (mobilisation du système d'OCS dans la phase pré-active) |
| Phase 4 Mise en œuvre/à l'épreuve de situations d'enseignement- apprentissage | <ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre/à l'épreuve des situations d'enseignement-apprentissage / co-enseignement avec un ING ou le CS de sciences naturelles pour certain-es ENS (mobilisation du système d'OCS dans la phase interactive) • Collecte et mutualisation de traces de l'activité des ENS (planifications d'enseignement, productions d'élèves et autres artefacts) dans un répertoire partagé pour la phase 5 • Collecte de données auprès d'ENS volontaires (entretiens ante facto et enregistrements vidéo en classe) pour l'analyse de leurs pratiques d'enseignement |
| Phase 5 Coanalyse de situations d'enseignement- apprentissage | <ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre d'un débat d'expert-es en appui sur diverses traces de l'activité afin de favoriser l'analyse réflexive, l'élargissement du champ des possibles et la reconception des situations d'enseignement-apprentissage (mobilisation du système d'OCS dans la phase post-active) • Focale sur les objets bifaces (Ligozat & Marlot, 2016) pour mettre en écho le PCT et l'activité de modélisation sous-jacente avec des situations scolaires et professionnelles |

Légende: moyens de collectes de données (en vert); outils culturels et sémiotiques (en mauve); CH: chercheur; CS: collaborateur pédagogique de sciences naturelles; ENS: enseignant; ING: ingénieur



Conclusion et discussion

En tant que dispositif de recherche participative (Anadón, 2007), la CDPD contribue à la mise en place de pratiques collaboratives entre des acteur·rices qui s'engagent mutuellement dans une investigation conjointe (Desgagné & Bednarz, 2005) afin de rechercher ensemble des manières de concrétiser l'enseignement-apprentissage du PCT selon une éducation technologique authentique (ETA).

Dans cette communauté d'apprentissage professionnelle, la dimension communautaire, la compréhension partagée de concepts et de situations scolaires et professionnelles, ainsi que la coconstruction de nouveaux savoirs jouent un rôle central (Labelle & Labelle, 2013). Les pratiques collaboratives participent au développement de l'identité professionnelle des enseignant·es pour autant qu'elles se nourrissent de résultats pertinents de la recherche. C'est en ce sens que les institutions de formation tertiaires s'attardent à former des enseignant·es capables de fonder leur activité sur l'état actuel des connaissances scientifiques afin d'accroître leur influence sur la qualité des apprentissages des élèves. Incorporées aux savoirs expérientiels, les savoirs savants issus de la recherche constituent des ressources fondamentales pour (se) représenter, planifier, mettre en œuvre et en mots, apprécier et améliorer l'activité des enseignant·es (Le Boterf, 2000a, 2000b). Dans le courant des recherches collaboratives, les savoirs expérientiels sont aussi importants que les savoirs savants pour comprendre et transformer les situations de travail et les « savoir-agir » (Uwamariya & Mukamurera, 2005). C'est ainsi que le Référentiel québécois de compétences professionnelles pour la profession enseignante met en avant la compétence « S'engager dans un développement professionnel continu et dans la vie de la profession » en valorisant l'implication des enseignant·es dans des recherches collaboratives où les savoirs savants constituent des savoirs fondamentaux pour le traitement des problèmes de métier (professionnels). Une telle compétence serait la bienvenue dans le nouveau Référentiel de compétences professionnelles pour la profession enseignante de la Haute école pédagogique Fribourg dont la révision est en cours.

Il nous semble important de revenir ici sur le concept de développement professionnel qui revêt un caractère polysémique. La multiplicité de ses significations s'explique en raison de la perspective théorique adoptée. Deux perspectives, développementale et professionnalisante, sont largement véhiculées dans les écrits scientifiques (Uwamariya & Mukamurera, 2005). Concernant cette dernière figure notamment le développement professionnel par la recherche ou par la réflexion s'inscrivant dans la suite des travaux de Schön (1983) où il s'agit d'engager les enseignant·es à la fois dans deux types de réflexion : une « réflexion dans l'action » permettant de penser et de s'ajuster pendant la réalisation de l'activité, et une « réflexion sur l'action », après coup sur les actions et les expériences vécues, en accordant une place centrale à la théorisation de leur l'activité de manière qu'ils et elles puissent être en mesure de la comprendre et la transformer (Lieberman & Miller, 1990). Dans cette perspective à laquelle nous adhérons, le développement



professionnel est appréhendé comme un processus de « transformations individuelles et collectives des compétences et des composantes identitaires mobilisées ou susceptibles d'être mobilisées dans des situations professionnelles » (Barbier *et al.*, 1994, p. 7). La « nouvelle épistémologie de la pratique » de Schön (2011) dénonce ainsi une conception techniciste/applicationniste du développement professionnel où les réponses aux problèmes professionnels se trouvent exclusivement dans les savoirs savants. Cette conception s'avère utopique en raison du caractère incertain, instable et singulier des problèmes professionnels où les catégories d'action de la classe ne peuvent coïncider avec des catégories théoriques préétablies. Encore trop souvent promue dans des pratiques de formation ou de recherche, cette conception « met de côté la façon de construire les problèmes à poser, c'est-à-dire, le processus par lequel on définit la décision à prendre, les buts à atteindre et les moyens à utiliser » (Schön, 2011, p. 204).

Dès lors se pose la question des types de savoirs pouvant contribuer à une transformation individuelle et collective des acteur·rices, et plus spécifiquement celle de l'épistémologique adoptée pour envisager l'articulation Savoirs/Pratiques où trois conceptions radicalement différentes coexistent (Cochran-Smith & Lytle, 1999). S'agit-il de faire acquérir dans une perspective descendante des « knowledge-for-practice », soit des savoirs savants à consommer pour améliorer les pratiques ? S'agit-il de valoriser des « knowledge-in-practice », soit des savoirs expérientiels, tacites et implicites, considérés comme autosuffisants en soi, en les mettant tout simplement en lumière ? Dans cette perspective « which enhances and elevates the status of teachers' practical knowledge, it is assumed that teachers learn when they have opportunities to examine and reflect on the knowledge that is implicit in good practice » (Cochran-Smith & Lytle, 1999 p. 262). Ou encore, s'agit-il de valoriser les « knowledge-of-practice », soit des savoirs locaux coconstruits dans le cadre d'une enquête au sein d'une communauté impliquant enseignant·es et chercheur·es ? Dans cette dernière perspective où le développement professionnel se traduit par une actualisation des savoirs expérientiels, les « knowledge-of-practice » constituent des « savoir-agir stratégiques » (Tardif *et al.*, 1991) se nourrissant à même les savoirs issus des pratiques sociotechniques et les savoirs savants. Dans la CDPP, comme c'est le cas pour une recherche-intervention, le développement professionnel repose sur une articulation entre science et action, entre recherche et intervention, et implique un enrichissement réciproque des deux sphères, dans et par leur mise en relation tout en préservant leur autonomie relative (non-substitution et non-confusion) (Marcel, 2023).

Morissette et Desgagné (2009, p. 143) insistent sur le potentiel des recherches collaboratives pour la coconstruction d'un « savoir innovant » résultant d'une « fécondation réciproque des savoirs issus de l'expérience et des savoirs issus de la recherche ». Le savoir innovant « est le produit combiné et inédit des logiques, intérêts et enjeux des uns et des autres. C'est là l'expression de l'arrimage souhaité entre la théorie et la pratique pour un savoir professionnel qui puisse être reconnu tant par la communauté scientifique que par la communauté des praticiens » (Ibid., p. 119). Le cadre socioépistémique envisagé pour la transformation de l'épistémologie pratique des



enseignant·es (Sensevy, 2007) en regard d'une éducation technologique authentique (ETA) intègre en outre les savoirs experts issus des pratiques sociotechniques de référence des ingénieur·es (cf. figure 1). Ces derniers jouent un rôle fondamental pour l'acquisition de savoirs de métier sur le PCT comme nous le verrons dans le second article.

Nous considérons que les savoirs expérimentiels, savants et experts issus des différents mondes sont d'égale valeur. Il n'est donc pas question de valoriser les savoirs savants par rapport aux autres catégories. L'histoire de l'humanité, et en particulier celle du développement des techniques, montre que les réalisations remarquables des humains (pyramide, moulins, bateaux, etc.) reposent avant tout sur des savoirs expérimentiels et non pas sur des savoirs savants. Nous faisons nôtre la manière dont Grize (2011) envisage, dans sa théorie pour étudier la logique naturelle de l'action, les différentes catégories de savoirs dans leur relative complémentarité : chacun des savoirs ne peut se concevoir en lui-même, chacun renvoie à l'autre. À ce propos, Grize (2011, p. 129) évoque que : « toute action s'inscrit dans un cadre théorique plus ou moins explicité, toute élaboration théorique prend appui sur des pratiques antérieures et l'efficacité consiste à apprendre à se servir des savoirs théoriques pour agir sur la réalité ». Que le savoir soit théorique ou pratique, « il ne vaut que s'il peut être communiqué et la plus large part de sa communication passe par le langage, en dernière analyse par des discours » (Grize, 2011, p. 128). Le caractère discursif constitutif des pratiques partagées (Jaubert *et al.*, 2004) nous invite donc à rendre compte des discours que produisent les acteur·rices autour d'une ETA au sein de la CDDP afin de mieux comprendre la logique de leurs actions. Pour notre part, nous misons sur deux idées fondamentales articulant compréhension et transformation des pratiques. La première idée consiste à « mieux comprendre la pratique pour la transformer » en prenant en compte l'évolution des épistémologies pratiques des enseignant·es au fur et à mesure de l'avancée de la CDPP alors que la seconde idée consiste à « transformer la pratique pour mieux la comprendre » en accordant une place centrale à la construction collective de « savoirs de métier » (Brière & Simonet, 2021) sur le PCT. Nous postulons qu'en acquérant ces nouveaux savoirs formalisés localement, les enseignant·es disposent d'un plus grand pouvoir d'agir (Grosjean, 2011), à la fois pour réaliser et analyser leur activité dans ce domaine de connaissance spécifique.

Dans cet article, nous avons développé les fondements et exposé les modalités de mise en œuvre d'une CDPP conviant les enseignant·es à entrer progressivement dans le « monde scolaire acculturé d'une ETA » au moyen d'un processus de problématisation de la pratique (Prével, 2018) donnant accès à un nouveau régime de description théorisée de l'activité. Selon Vergnaud (2011), cette conceptualisation sous-jacente à l'action de l'enseignant·e constitue une condition nécessaire au développement d'une pensée consciente (Vygotski, 1985/1934) de son activité, mais n'est pas suffisante à elle seule. En effet, elle doit faire l'objet d'une formalisation :



Elle [la conceptualisation sous-jacente à l'action] est profondément transformée lorsqu'elle est explicitée, débattue, et organisée en un système cohérent de concepts, de principes et d'énoncés, c'est-à-dire lorsqu'elle prend une forme théorique. (Vergnaud, 2011, p. 275).

Dans ce processus de problématisation de la pratique, les « outils culturels et sémiotiques » (OCS) (Jaubert *et al.*, 2004) agissent comme outils de pilotage de la CDPP en permettant d'acter la coopération (Lyet, 2011) d'un point de vue épistémique (circulation, reproblématisation et recomposition des savoirs) entre les acteur·rices autour d'un objet d'enseignement-apprentissage spécifique : le PCT selon une ETA. En tant qu'objets-frontière (Star, 1989), ces outils favorisent une double dimension d'intersubjectivité-interdiscursivité entre les acteur·rices de la recherche, et constituent des « objets d'échanges de pratiques en vue de concevoir ensemble » au sens de Tortochot et Terrien (dans ce numéro thématique) :

Ses effets [de l'objet-frontière] suscitent la participation à des activités collectives où chacun « prend part », reçoit, prend ou apporte sa part, est partie prenante, en explicitant les définitions, leurs sources, les réseaux sémantiques, les formes énonciatives dans les échanges et les négociations, les croyances, les routines, etc. Il est aussi un objet d'échanges de pratiques en vue de concevoir ensemble.

La problématisation de la pratique poursuit une double finalité. D'une part, une finalité pragmatique parce qu'elle « se déploie pleinement dans l'articulation de nécessités, de données et de solutions en termes de choix concrets » (Prével, 2018, p. 107) en regard des problèmes de métier que les acteur·rices sont appelées à traiter dans ce domaine de connaissance. En acquérant de nouveaux savoirs de métier (Brière & Simonet, 2021), les enseignant·es sont en mesure de concevoir, conduire, analyser et adapter des situations d'enseignement-apprentissage sur le PCT selon une ETA. D'autre part, une finalité professionnalisante en permettant de « dévoiler et de transformer les conceptions qui sous-tendent la pratique et qui pèsent sur la nature des savoirs à enseigner et des savoirs pour enseigner que mobilisent les enseignants » (Prével, 2018, p. 102). En tant qu'outils de travail de la CDPP, les OCS, en plus de favoriser la construction d'une représentation collective de l'enseignement-apprentissage du PCT, jouent un rôle important dans la transformation professionnelle des acteur·rices. C'est ainsi que Wirthner (2006, p. 105) a montré dans sa thèse de doctorat que :

les outils de travail transforment non seulement « l'objet » sur lequel ils s'appliquent, mais aussi leur utilisateur (...). L'outil est transformé à son tour par l'effet du style de l'enseignant·e, touchant à ses manières de faire comme à ses conceptions de l'objet à enseigner et enseigné.

À ce propos, nous sommes d'avis avec Petrucci (dans ce numéro thématique) qui relève que le rapport outil-utilisateur·rice est prometteur pour la formation d'enseignant·es dans la mesure où « l'utilisation adaptée de l'outil suppose l'appropriation de nouvelles capacités humaines émergeant au cours des différentes activités que l'outil permet » (Dolz *et al.*, 2000, p. 46).



La recherche qui se fait dans le cadre de cette CDPP est une *recherche en pratique*, impliquant un partage de pratiques et l'adoption de nouvelles pratiques, avec pour finalité de coélaborer des solutions pragmatiques à des problèmes professionnels en s'appuyant sur des OCS. Ces derniers sont au cœur d'une activité médiatisée et instrumentée (Vygotski, 1985/1934) permettant de transformer les épistémologies pratiques des enseignant·es (Sensevy, 2007). Nous postulons que la nature de ces outils, la manière de les introduire et de les mobiliser dans les différentes phases de mise en œuvre de la CDPP influence la coconstruction de points de vue partagés et de savoirs de métier sur le PCT par les enseignant·es. Cette contribution ouvre ainsi sur le second article où il s'agit de rendre compte, dans une perspective compréhensive, de la manière avec laquelle s'élabore progressivement un micro-univers discursif partagé sur le PCT selon une ETA par les acteur·rices de la CDPP dans la phase de coanalyse des situations d'enseignement-apprentissage.

Liste des acronymes

CDPP : communauté discursive de pratiques professionnelles

CH : chercheur

CS : collaborateur scientifique

ENS : enseignant

ETA : éducation technologique authentique

FAST : functional analysis system technique

FT : fonction technique

ING : ingénieur

OCS : outil culturel et sémiotique

PCK : pedagogical content knowledge

PCT : processus de conception technique

PDV : point de vue

PEI : pratiques épistémiques d'ingénierie

SMK : subject matter knowledge

ST : solution technique

TACD : théorie de l'action conjointe en didactique



Références

- Aldon, G., Arzarello, F., Cusi, A., Garuti, R., Martignone, F., Robutti, O., Sabena, C., & Soury Lavergne, S. (2013). The Meta-didactical transposition: A model for analysing teacher education programs. *37th conference of the international group for the psychology of mathematics education, 1*, 97-124.
- Anadón, M. (2007). *La Recherche Participative: Multiples Regards*. Presses de l'Université du Québec.
- Bakhtine, M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Gallimard.
- Barbier, J.-M., Chaix, M.-L., & Demailly, L. (1994). Éditorial. *Recherche et formation, 17*, 5-8.
- Barthes, A., & Alpe, Y. (2017). Les «éducations à», une remise en cause de la forme scolaire? *Carrefours de l'éducation, 3*, 23-37.
- 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, 171-178*.
- Bonnardel, N. (2006). *Créativité et conception, approches cognitives et ergonomiques*. Solal.
- Bonnardel, N. (2009). Activités de conception et créativité: De l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le travail humain, 72(1)*, 5-22.
- Bousadra, F., & Hasni, A. (2012). L'approche par projets et les savoirs disciplinaires en classe de sciences et technologies au Québec: Compatibilité ou incompatibilité? Présentation d'études de cas. *Recherches en didactique, 13*, 67-84.
- 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.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education, 97(3)*, 369-387.
- 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*, 29-48.
- Capobianco, B. M., Diefes-dux, H. A., Mena, I., & Weller, J. (2011). What is an engineer? Implications of elementary school student conceptions for engineering education. *Journal of Engineering Education, 100(2)*, 304-328.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage.
- Cinar, S. (2019). Integration of engineering design in early education: How to achieve it. *Cypriot Journal of Educational Sciences, 14(4)*, 520-534.
- Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (1999). Relationships of knowledge and practice: Teacher learning in communities. *Review of research in education, 24(1)*, 249-305.
- Collectif Didactique pour Enseigner. (2019). *Didactique pour enseigner*. Presses universitaires de Rennes.
- Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin (CIIP). (2010). *Plan d'études romand. Document téléaccessible à l'adresse Internet: <http://www.plandetudes.ch/home>*.
- Cunningham, C. M., & Kelly, G. J. (2017a). Epistemic practices of engineering for education. *Science Education, 101(3)*, 486-505.
- Cunningham, C. M., & Kelly, G. J. (2017b). Framing engineering practices in elementary school classrooms. *International Journal of Engineering Education, 33(1)*, 295-307.
- Daguzon, M., & Marlot, C. (2019). Co-enseignement et ingénierie coopérative: Les conditions d'un développement professionnel. *Éducation & Didactique, 13(2)*, 9-30.
- De Vries, M. J. (1996). Technology education beyond the 'technology is applied science' paradigm. *Journal of technology Education, 8(1)*, 7-15.
- De Vries, M.-J. (2006). Two decades of technology education in retrospect. In *International handbook of technology education: Reviewing the past twenty years* (p. 3-11). Sense Publishers.
- 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.
- Desgagné, S., & Bednarz, N. (2005). Médiation entre recherche et pratique en éducation: Faire de la recherche «avec» plutôt que «sur» les praticiens. *Revue des sciences de l'éducation, 31(2)*, 245-258.
- 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.



- Didier, J. (2017). Didactique de la conception et démocratie technique. In J. Didier, Y.-C. Lequin, & D. Leuba (Éds.), *Devenir acteur dans une démocratie technique. Pour une didactique de la technologie* (p. 137-152). UTBM.
- Dolz, J., Moro, C., & Pollo, A. (2000). Le débat régulé: De quelques outils et de leurs usages dans l'apprentissage. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, 22(1), 39-59.
- Duchesne, S., & Haegel, F. (2004). *L'enquête et ses méthodes: Les entretiens collectifs*. Nathan.
- 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.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of engineering education*, 94(1), 103-120.
- English, L. D., Hudson, P. B., & Dawes, L. (2012). Engineering design processes in seventh-grade classrooms: Bridging the engineering education gap. *European Journal of Engineering Education*, 37(5), 436-447.
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14), 1-18.
- François, F. (1993). *Pratiques de l'oral: Dialogue, jeu et variations des figures du sens*. Nathan pédagogie.
- Gobert, S. (2014). Déplacements dans le processus de secondarisation. *Spirale-Revue de recherches en éducation*, 54(1), 65-84.
- Grize, J.-B. (2011). Savoirs théoriques et savoirs d'action: Point de vue logico-discursif. In J.-M. Barbier (Éd.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (p. 119-129). Presses universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.barbi.2011.01.0119>
- Grosjean, S. (2011). Actualisation et « mise en scène » de connaissances organisationnelles: Ethnographie des réunions de travail. *Recherches qualitatives*, 30(1), 33-60.
- Grubbs, M. E., Strimel, G. J., & Kim, E. (2018). Examining design cognition coding schemes for P-12 engineering/technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(4), 899-920.
- Hester, K., & Cunningham, C. M. (2007). Engineering is elementary: An engineering and technology curriculum for children. *Paper presented at the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Honolulu, HI*.
- Hofstetter, R., & Schneuwly, B. (2009). Introduction. In R. Hofstetter, *Savoirs en (trans) formation: Au cœur des professions de l'enseignement et de la formation* (p. 7-40). De Boeck Supérieur.
- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). Incorporating engineering design challenges into STEM courses. Retrieved from the NCETE website: <http://ncete.org/flash/pdfs/NCETECaucusReport.pdf>.
- Hynes, M. M. (2012). Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: A look at subject matter and pedagogical content knowledge. *International journal of technology and design education*, 22(3), 345-360.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école: Un exemple en sciences*. Presses Univ de Bordeaux.
- Jaubert, M., & Rebière, M. (2001). Pratiques de reformulation et construction de savoirs. *Aster*, 2001, 33, *Ecrire pour comprendre les sciences*.
- Jaubert, M., & 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., & Bernié, J. P. (2012). Communautés discursives disciplinaires scolaires et construction de savoirs: L'hypothèse énonciative. *Forum lecture suisse. Littérature dans la recherche et la pratique*.
- 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).
- Käser, A. (2017). Technik und Design/ Technique et Design Un nouvel outil didactique pour les activités créatrices et techniques. In J. Didier, Y. Lequin, & D. Leuba (Éds.), *Devenir acteur dans une démocratie technique. Pour une didactique de la technologie* (p. 121-146). UTBM.
- Kelley, T. R., & Wicklein, R. C. (2009). Teacher Challenges to Implement Engineering Design in Secondary Technology Education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 46(3), 34-50.



- Kelly, G. J., & Cunningham, C. M. (2019). Epistemic tools in engineering design for K-12 education. *Science Education*, 103(4), 1080-1111.
- Kelly, G. J., & Licona, P. (2018). Epistemic practices and science education. In M. Matthews (Éd.), *History, philosophy and science teaching* (p. 139-165). Springer.
- Labelle, J., & Labelle, M. (2013). Au cœur de la réussite scolaire : Communauté d'apprentissage professionnelle et autres types de communautés. *Education et francophonie*, XLI(2), 2-9.
- Laurent, E. (2018). *L'impasse collaborative. Pour une véritable économie de la coopération*. Les liens qui libèrent.
- Le Boterf, G. (2000a). *Construire les compétences individuelles et collectives* (Troisième édition). Éditions d'Organisation.
- Le Boterf, G. (2000b). *Repenser la compétence* (Deuxième édition). Éditions d'Organisation.
- Lebahar, J. C. (2004). Didactique de la conception : Le cahier des charges évolutif. In R. Samurçay & P. Pastré (Éds.), *Recherche en didactique professionnelle* (p. 137-150). Octarès.
- 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.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail : Contribution à la psychologie ergonomique*. Presses Universitaires de France.
- Lieberman, A., & Miller, L. (1990). The social realities of teaching. In A. Lieberman (Éd.), *Schools as collaborative cultures: Creating the future now* (p. 153-163). The Falmer Press.
- 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.
- Lynet, 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.
- Mangueneau, D. (1984). *Genèse du discours*. Mardaga.
- Marcel, J.-F. (2023). Une « vraie » place dans la recherche-intervention. *Recherches en éducation*, 51. <https://journals.openedition.org/ree/11631>
- Marlot, C. (2020). Éditorial : Les enjeux de la circulation des savoirs. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 26, 7-14.
- 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.
- Mentzer, N., Becker, K., & Sutton, M. (2015). Engineering design thinking: High school students' performance and knowledge. *Journal of Engineering Education*, 4, 417-432.
- Morales, G., Sensevy, G., & Forest, D. (2017). About cooperative engineering: Theory and emblematic examples. *Educational Action Research*, 25(1), 128-139.
- Morrisette, J., & 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.
- Oakes, W. C., Leone, L. L., & Gunn, C. J. (2002). *Engineering your future: A comprehensive approach*. Great Lakes Press.
- Ohlsson, D. (1998). *L'Univers de l'écrit*. Retz.
- Paquay, L., Van Nieuwenhoven, C., & Wouters, P. (2010). *L'évaluation, levier du développement professionnel ? : Tensions, dispositifs, perspectives*. <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:77911>
- Pearson, G., & Garmire, E. (2006). *Tech tally: Approaches to assessing technological literacy*. National Academies Press.



- Pearson, G., & Young, A. T. (2002). *Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology*. National Academy of Engineering.
- Perrenoud, P., Altet, M., & Lessard, C. (2008). *Conflits de savoirs en formation des enseignants: Entre savoirs issus de la recherche et savoirs issus de l'expérience*. De Boeck Supérieur.
- 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.
- Rabatel, A. (2009). Prise en charge et imputation, ou la prise en charge à responsabilité limitée... *Langue française*, 162(2), 71-87.
- Rabatel, A. (2012). Positions, positionnements et postures de l'énonciateur. *TRANEL. Travaux neuchâtelois de linguistique*, 56, 23-42.
- Rohaan, E. J., Taconis, R., & Jochems, W. M. G. (2012). Analysing Teacher Knowledge for Technology Education in Primary Schools. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(3), 271-280.
- Roy, P. (2020). Des pratiques épistémiques d'ingénierie sur le processus de conception technique pour instituer une communauté discursive interdisciplinaire scolaire à l'école obligatoire. *Revue Suisse des Sciences de l'éducation*, 42(3), 610-630.
- Sanchez, É., & Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. *Education & didactique*, 9(2), 73-94.
- Sanders, M. E. (2008). Stem, stem education, stemmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Schön, D. A. (1983). *Le praticien réflexif. À la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel, traduit de l'anglais par J. Heynemand et D. Gagnon*. Logiques.
- Schön, D. A. (2011). À la recherche d'une nouvelle épistémologie de la pratique et de ce qu'elle implique pour l'éducation des adultes. In J.-M. Barbier (Éd.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (p. 201-222). Presses universitaires de France.
- 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.
- 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.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble: Éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Presses Universitaires de Rennes.
- Sheppard, S. D., Macatangay, K., Colby, A., & Sullivan, W. M. (2009). *Educating Engineers: Designing for the Future of the Field. Book Highlights*. Jossey-Bass.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1-23.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial*. MIT press.
- 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.
- Tardif, M., Lessard, C., & Lahaye, L. (1991). Les enseignants des ordres d'enseignement primaire et secondaire face aux savoirs: Esquisse d'une problématique du savoir enseignant. *Sociologie et sociétés*, 23(1), 55-69.
- Trompette, P., & Vinck, D. (2009). Retour sur la notion d'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances*. 3(1), 5-27.
- Uwamariya, A., & Mukamurera, J. (2005). Le concept de «développement professionnel» en enseignement: Approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(1), 133-155.
- Van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.
- Van Nieuwenhoven, C., & Colognesi, S. (2015). Une recherche collaborative sur l'accompagnement des futurs instituteurs: Un levier de développement professionnel pour les maîtres de stage. *e-JIREF*, 1(2), 103-121.
- Vande Zande, R. (2007). Design education as community outreach and interdisciplinary study. *Journal for Learning through the Arts*, 3(1). <https://escholarship.org/uc/item/4f37f63k>



- Vergnaud, G. (2011). Au fond de l'action, la conceptualisation. In *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (p.275-292). Presses Universitaires de France; Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/puf.barbi.2011.01.0275>
- Vinatier, I., & Morrissette, J. (2015). Les recherches collaboratives : Enjeux et perspectives. *Carrefours de l'éducation*, 1, 137-170.
- Vygotski, L. (1985/1934). *Pensée et langage*. Messidor/Éditions Sociales.
- Vygotski, L. S. (1994/1925). La conscience comme problème de la psychologie du comportement. *Conscience, inconscient, émotions*, 61-94.
- Wenger, E. (2005). *La théorie des communautés de pratique*. Presses Université Laval.
- Wirthner, M. (2006). *La transformation de pratiques d'enseignement par l'outil de travail : Observation de séquences d'enseignement du résumé de texte informatif à l'école secondaire*. Thèse de doctorat Université de Genève : archives ouvertes UNIGE.
- 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.
- Wittgenstein, L. (1973). *Philosophical investigations*. Macmillan.
- Zaid, A., & Roy, P. (2024). L'éducation à l'innovation technologique responsable : Attentes sociétales, prescriptions curriculaires et dispositifs. Symposium organisé dans le cadre des 13^e rencontres scientifiques de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies (ARDIST). Montpellier, France, 4-7 juin.



ANNEXE 1

Phase de cosituation du problème d'enseignement-apprentissage

Temps 1 : Présentation d'une mise en situation animée de capsules vidéo (10')

Un concours est organisé en Suisse romande avec comme objectif d'engager les élèves du primaire à concevoir des véhicules miniaturisés pouvant atteindre, le plus rapidement possible, une cible située à une distance de 2 m. Les matériaux, les formes d'énergie et les modes de propulsion sont laissés au libre choix des participants.

Une équipe d'enseignants interpelle le collaborateur pédagogique de sciences naturelles afin d'être accompagnée dans cette démarche. Celui-ci affirme que le concours peut permettre d'aller au-delà d'un simple bricolage en engageant les élèves dans des activités technologiques. Pour éclairer les enseignants, il leur fait parvenir des capsules vidéo de véhicules propulsés par diverses sources d'énergie et une liste de contenus disciplinaires du Plan d'étude romand (PER) qui pourraient être mobilisés par les élèves.

Temps 2 : Préparation au *focus group* (20') Consigne

En vous appuyant sur votre propre expérience et les ressources fournies par le collaborateur pédagogique, dressez une liste d'**activités techniques** que vous pourriez proposer aux élèves dans le cadre de ce concours.

En équipe de 3 ou 4 enseignants (2 au C1 et 2 au C2).

Temps 3 : Réalisation du *focus group* (30')

1. Dans le cadre du concours, quelles sont les **principales activités technologiques** que les élèves pourraient réaliser ? Explicitez ces activités en mettant en évidence les **tâches des élèves**.
2. Quels **apprentissages** ces activités permettent-elles aux élèves en les réalisant ? En d'autres mots, pourquoi faire ces activités ?



ANNEXE 2

Atelier Forces et frottement

Matériel

- Cailloux de masse différente
- Ficelle à attacher/coller aux cailloux
- Une balance
- Des dynamomètres
- Trois revêtements (table de travail, plaque en plastique et papier de verre)

Partie 1 : Quelle distinction entre une masse et un poids ?

1. Peser sur la balance 3 cailloux de masse différente et noter la **masse (en kg)** de chacun de cailloux dans le tableau 1
2. Soulever les 3 cailloux à l'aide d'un dynamomètre et noter le **poids (en Newton)** de chacun dans le tableau 1
3. En observant les données, quelle relation mathématique peut-on établir entre le poids et la masse d'un caillou ? De quel type est cette relation ?

Tableau 1 : Relation entre la masse et le poids d'un caillou

| | Caillou 1 | Caillou 2 | Caillou 3 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Masse (en kg) | | | |
| Poids (en N) | | | |

4. Que mesure réellement une balance ?
5. Si on apportait un caillou sur la Lune, qu'en serait-il de sa masse et de son poids ?

Résumé :

La masse représente ...

La force représente ...

Partie 2 : Quelle relation entre la force de frottement, l'état d'une surface et le poids d'un objet ?

1. Former deux équipes de travail : une équipe avec gros cailloux (avec dynamomètre bleu) et une équipe avec petits cailloux (avec dynamomètre transparent)
2. Tracter le caillou avec votre main sur trois surfaces différentes (table de travail, plaque en plastique et papier de verre) en tentant de conserver un mouvement constant. Noter vos **observations qualitatives** dans le tableau 2.
3. Mesurer le poids de votre caillou avec un dynamomètre.
4. Tracter le caillou avec un dynamomètre sur ces mêmes surfaces et noter la **force de traction (N)** pour chacune des surfaces.



Tableau 2: Comportement du caillou selon la surface

| Poids du caillou (en N) | | |
|---|-------------------------------|--|
| Surface de contact | Mes observations qualitatives | Mes observations qualitatives (Force de traction en N) |
| Table de travail | | |
| Plaque en plastique | | |
| Papier de verre | | |
| Autre surface de votre choix (facultatif) | | |

- Quel constat tirez-vous de cette expérimentation ?
- Sélectionner une **surface de votre choix** (par exemple le papier de verre) et tracter **3 cailloux de masse différente** sur celle-ci à l'aide du dynamomètre. Noter la force de traction (N) pour chacun des trois cailloux. Une piste à envisager : le poids du caillou 2 est le double de celui du caillou 1.

Tableau 3: Force de traction nécessaire pour déplacer un caillou sur une même surface

| | Caillou 1 | Caillou 2 | Caillou 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Poids (en N) | | | |
| Force de traction (en N) | | | |
| Coefficient de frottement dynamique entre les surfaces | | | |

- Pour chacun des cailloux, diviser le poids du caillou par la force de traction nécessaire pour le déplacer sur la surface. On obtient le **coefficient de frottement dynamique** entre les surfaces. Quel type de relation obtient-on entre la force de traction et le poids d'un caillou ?

En résumé :

Le frottement, c'est ...

Schéma de forces simplifié d'un caillou tracté sur une surface

La relation entre le poids du caillou et la force de traction est :

- Comment peut-on diminuer davantage la force de frottement pour déplacer les cailloux ? Par quel principe technique ?
- Dans quelles situations de la vie courante les forces de frottement sont-elles relativement faibles entre deux surfaces ? Quels principes techniques sont utilisés ?
- Dans un véhicule miniaturisé, à quel endroit retrouve-t-on des forces de frottement ? Comment peut-on les réduire le plus possible ?



ANNEXE 3

Préparation au débat d'expert·es

*Les OBJETS DIDACTIQUES se réfèrent à plusieurs processus de conception technique et au schéma FAST «Functional Analysis System Technique»

1. Comment avez-vous pris en compte ces OBJETS DIDACTIQUES pour planifier et/ou mettre en œuvre votre enseignement? Donnez à voir ces objets au collectif en vous appuyant sur des traces de votre activité.
2. Quels sont les apports, pour vous et vos élèves, liés à l'intégration de ces OBJETS DIDACTIQUES dans votre enseignement?
3. Quels sont les défis ou les obstacles, pour vous et vos élèves, liés à l'intégration de ces OBJETS DIDACTIQUES dans votre enseignement?
4. L'intégration de ces OBJETS DIDACTIQUES dans votre enseignement a-t-elle favorisé ou entravé le développement du langage et de la pensée design (technique) de vos élèves? Si oui, comment?
5. Quelle progression des apprentissages de la 1^H à la 8^H pourriez-vous envisager? Sur quels objets et sous quelles modalités pourrions-nous travailler à la construction d'une culture commune?