

# **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?**

**ÉT, 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)  
Coralie Delorme (UNI Genève)  
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>Introduction. 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 Daghé et Glais Sales Cordeiro	37
<i>Construire un outil didactique dans une démarche de Recherche d'Ingénierie Didactique en Collaboration : quels enjeux ?</i> Solenn Petrucci	53
<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	71
<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>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	163



---

<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	201
<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	265
<i>Des stratégies d'animation d'entretiens collectifs collaboratifs pour construire l'altérité</i> Joëlle Morrissette et Serigne Ben Moustapha Diédhiou	283



## ***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)***

**Patrick ROY**<sup>1</sup> (Haute école pédagogique Fribourg, Suisse),  
**Bertrand GREMAUD**<sup>2</sup> (Haute école pédagogique Fribourg, Suisse) et **Bernard MASSEREY**<sup>3</sup> (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'acteurs·rices dans la conception coopérative de situations d'enseignement-apprentissage sur le processus de conception technique (PCT) selon une éducation technologique authentique (ETA). Dans cet article, nous rendons compte, dans une perspective compréhensive, de la manière avec laquelle s'élabore progressivement un micro-univers discursif partagé sur le PCT entre les acteurs·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. L'analyse des pratiques langagières de ce débat, en appui sur un cadre théorico-méthodologique articulant une triple approche – interactionniste, historico-culturelle et énonciative –, 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 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, analyse de pratiques langagières, sémiologie, enseignement primaire, développement professionnel

### **Introduction**

Cet article présente le second volet de notre contribution. Il 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,

1. Contact: patrick.roy@edufr.ch

2. Contact: bertrand.gremaud@edufr.ch

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



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 2<sup>4</sup> d'une même école primaire de Fribourg) dans la conception coopérative de situations d'enseignement-apprentissage sur le processus de conception technique (PCT) selon une perspective d'éducation technologique authentique (ETA) (De Vries, 1996; Lebeaume, 2001; Martinand, 2003). 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). La conception de véhicules à propulsion miniaturisés utilisant différentes formes d'énergie a été retenue par l'équipe de pilotage (les chercheurs didacticiens, les ingénieurs 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.

Pour rappel, la CDPP est un dispositif de recherche participative (Anadón, 2007) qui se déploie dans le système métadidactique 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).

Dans le premier article, nous avons développé les fondements et exposé les modalités de mise en œuvre de la CDPP conviant les enseignant·es à entrer progressivement dans le « monde scolaire acculturé d'une éducation technologique authentique » au moyen d'un processus de problématisation de la pratique (Prével, 2018). Ce processus donne accès à un nouveau régime de description théorisée de l'activité en mobilisant un système d'« outils culturels et sémiotiques »<sup>5</sup> (OCS) (Jaubert *et al.*, 2004) à travers une succession d'activités formatives/réflexives se déployant dans les différentes phases de la CDPP selon un processus itératif (cf. figure 2, volet 1 de cette

4. Ces enseignant·es interviennent dans des classes de la 1<sup>re</sup> à la 8<sup>me</sup> pour des élèves âgé·es entre 4 et 12 ans.

5. 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 autour d'objets d'enseignement-apprentissage spécifiques.



contribution). Nous invitons le·la lecteur·rice à prendre connaissance de ce premier article de manière à se saisir des aspects contextuels et théoriques relatifs à la mise en œuvre de la CDPP.

Dans ce second article, nous rendons 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 acteurs·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 par les acteurs·rices, d'une part, et au développement de la professionnalité des enseignant·es dans ce domaine de connaissance spécifique, d'autre part. Plus spécifiquement, nous cherchons à répondre à la question de recherche : en quoi le débat d'expert·es de la CDPP permet-il la construction de points de vue partagés et de savoirs de métier sur le PCT selon une ETA chez les enseignant·es ? L'enjeu de cet article est par ailleurs exploratoire sur le plan méthodologique par la méthodologie d'analyse des pratiques langagières qu'il propose.

## **Développer la professionnalité des enseignant·es par une activité médiatisée et instrumentée**

Selon les orientations théoriques retenues, plusieurs construits peuvent être considérés pour rendre compte du développement professionnel des acteurs·rices de terrain dans une recherche participative, dont deux sont interpellés de manière enchevêtrée au sein de notre CDPP, soient des savoirs associés à la conception et à la maîtrise d'artéfacts culturels pour reconceptualiser l'activité et des savoirs professionnels faisant l'objet d'une coélaboration par les acteurs·rices au sein d'une communauté professionnelle (Lefevre *et al.*, 2009). En s'appuyant sur le rôle que jouent les moyens artificiels<sup>6</sup> pour la transformation des fonctions psychiques des sujets dans une activité médiatisée et instrumentée (Vygotski, 1985/1934), plusieurs chercheur·es accordent une place centrale à ces moyens dans le développement de leur agentivité transformative. Par exemple, Rabardel (1997) conceptualise le concept d'instrument sur la base de l'instrument psychologique<sup>7</sup> de Vygotski (1985/1934) où la transformation des fonctions psychiques supérieures des acteurs·rices est le fruit de l'appropriation de différentes catégories d'outils culturels<sup>8</sup>.

---

6. «L'usage de moyens artificiels, le passage à une activité médiée, change fondamentalement toutes les opérations psychologiques tout comme l'usage d'outils sans limites change l'étendue des activités dans lesquelles les nouvelles fonctions psychologiques peuvent opérer.» (Vygotski, 1930, 1931, 1933, dans Rabardel, 2005, p. 252).

7. Vygotski (1985/1934, p. 39) applique la notion d'instrument à un registre étendu d'objets, tels que «le langage, les diverses formes de comptage et de calcul, les moyens mnémotechniques, les symboles algébriques, les œuvres d'art, l'écriture, les schémas, les diagrammes, les cartes, les plans, tous les signes possibles, etc.».

8. Pour Vygotski (1985/1934), les instruments psychologiques sont élaborés et/ou mobilisés par les sujets afin d'augmenter leur possibilité cognitive (par ex. : leur réflexivité sur et pour l'action) et leur possibilité d'action.



Vergnaud (2001) établit une analogie avec l'instrument de travail en soulignant que si ce dernier structure les relations entre les actions des humains et les objets matériels, l'instrument psychologique structure quant à lui les processus naturels de la pensée. Rabardel (2005) met en avant le cadre théorique de l'activité instrumentée fondée sur une articulation instrument/activité. Il s'intéresse aux ressources (en particulier, épistémiques) que des acteurs·rices peuvent construire à partir d'instruments mis à leur disposition dans un environnement de travail. En les engageant dans des situations d'activité instrumentée<sup>9</sup>, ils et elles sont appelé·es à mobiliser des instruments constitués d'une double composante: un artéfact matériel ou symbolique transmis aux acteurs·rices, qu'ils et elles élaborent partiellement ou en totalité, auquel des schèmes d'utilisation<sup>10</sup> reflétant des manières de concrétiser l'activité y sont associés. Ces instruments confèrent aux acteurs·rices à la fois une «capacité d'agir» et un «pouvoir d'agir» dans la réalisation de leur activité. Cette activité étant de nature collaborative, les schèmes d'utilisation revêtent d'une dimension sociale pour organiser, comprendre et interpréter leur action: «ils [les schèmes d'utilisation] sont partagés au sein des collectivités, communautés, groupes sociaux à la fois comme ressources communes d'organisation de l'action de chacun, mais aussi comme ressources pour comprendre et interpréter l'action de l'autre» (Rabardel, 2005, p.257). Dans ces situations d'activité instrumentée, le «développement professionnel peut être étudié en fonction des connaissances (et de leurs évolutions) associées à la conception et à la maîtrise d'artéfacts culturels construits au sein de l'environnement de travail» (Lefeuvre *et al.*, 2009, p.293). D'autres chercheur·es mettent l'accent sur les formes de conceptualisations implicites et explicites construites par des communautés professionnelles. Par exemple, dans le cadre de dispositifs professionnalisants, Pastré *et al.* (2006) s'intéressent aux «concepts pragmatiques» construits et mobilisés *dans l'action et pour l'action* des acteurs·rices de terrain au sein d'une communauté professionnelle. Ces concepts organisés en système<sup>11</sup> ont pour fonction d'accroître l'efficacité de l'action des acteurs·rices en lien avec des classes de situations spécifiques. Ils sont communicables et transmissibles entre les acteurs·rices d'une même communauté. Dans cette perspective, le développement professionnel peut être envisagé par la capacité des acteurs·rices à construire et mobiliser des concepts pragmatiques permettant de traiter des problèmes de métier (professionnels) associés à de nouvelles classes de situations.

De manière analogue aux travaux précédents, le fonctionnement de notre CDPP repose sur une activité médiatisée et instrumentée par un système d'OCS. Par un processus de problématisation de la pratique (Prével, 2018),

9. Ces situations sont caractérisées par «l'insertion, par le sujet d'un ou (plusieurs) instruments dans son activité».

10. Le schème est un modèle qui permet d'identifier les invariants relatifs à l'organisation de l'activité associés à des classes de situations spécifiques.

11. Le concept pragmatique «ne se forme pas de manière isolée, mais en relation avec d'autres concepts, avec lesquels il forme système; en outre il se forme au cours de l'activité et de l'expérience, dans la rencontre avec une variété de situations, dont les propriétés sont différentes» (Pastré *et al.*, 2006, p. 6-7).



ces outils sont transmis, (co)élaborés et mobilisés par les acteurs·rices dans les différentes phases de mise en œuvre de la CDDP (cf. volet 1 de cette contribution). En permettant d'acter la coopération (Lyet, 2011) entre les acteurs·rices, nous faisons l'hypothèse que ces outils contribuent à la construction de points de vue partagés et de savoirs de métier (savoirs pour réaliser et analyser l'activité) (Brière & Simonet, 2021) sur le PCT chez les enseignant·es. Structurant l'action et prenant ancrage dans des situations de classe ou professionnelles, ces savoirs se rapprochent en quelque sorte des « concepts pragmatiques » de Pastré *et al.* (2006). Comme l'instrument de Rabardel (2005), l'OCS relève d'une double nature en articulant des composantes artéfactuelle et structuro-organisationnelle. Alors que les premières se réfèrent à des artéfacts matériels (ex. : des objets de laboratoire pour expérimenter des forces en jeu dans un objet/système technique, un véhicule à propulsion miniaturisé fabriqué par une équipe d'enseignant·es, etc.) ou symboliques (ex. : un schéma d'analyse fonctionnelle pour modéliser un objet/système technique, une affiche modélisant un PCT à mettre en œuvre en classe, etc.), les secondes se réfèrent à de nouveaux schèmes d'action<sup>12</sup> (Vergnaud, 2002) structurant les épistémologies pratiques (Sensevy, 2007) des enseignant·es dans la perspective d'une ETA.

## Cadrage théorico-méthodologique

### Une triple perspective : interactionniste, historico-culturelle et énonciative

Le cadre théorico-méthodologique relève d'une approche comparatiste (Mercier *et al.*, 2002) selon une triple perspective – interactionniste, historico-culturelle et énonciative – dont les fondements enchevêtrés alimentent notre outillage afin de rendre compte de l'élaboration progressive du micro-univers discursif sur le PCT par les acteurs·rices de la CDDP lors du débat d'expert·es.

Une *perspective interactionniste* dans la mesure où l'« action sensée humaine » (Vygotski, 1985/1934) des enseignant·es est le produit d'une activité collective générée dans les différentes phases de la CDDP, en particulier dans le débat d'expert·es. Un effort d'objectivation de leur « action sensée humaine » s'accompagne du développement de leurs fonctions psychiques supérieures (pour penser et réfléchir sur leur action), par le passage d'une forme de « pensée inconsciente » à une forme de « pensée consciente » (Vygotski, 1985/1934) sur l'activité de conception d'objets/systèmes techniques. Cela permet de formuler une première hypothèse : Grâce aux interactions (médiations) sociales entre les acteurs·rices, l'épistémologie pratique (Sensevy, 2007) des enseignant·es relative à l'enseignement-apprentissage du PCT peut se transformer.

12. Ces schèmes sont structurés autour de concepts pragmatiques incluant à la fois des concepts-en-acte (concepts tenus pour pertinents dans l'action en situation) et des théorèmes-en-acte (propositions tenues pour vraies dans l'activité) (Pastré *et al.*, 2006).



Une *perspective historico-culturelle* dans la mesure où le développement de la « pensée consciente » impose la prise en compte d'un double ancrage – historique et culturel – de la pensée<sup>13</sup>. Dans cette perspective, « la pensée ne peut se détacher de sa culture et des interactions sociales inhérentes à l'appropriation et l'usage des outils historiquement constitués » (Panissal & Bernard, 2021, p. 10) et « le savoir est le fruit d'une activité humaine développée par un groupe de professionnels, d'experts, qui ont défini le champ des questions, ont négocié ce qui peut faire preuve et ont développé des pratiques spécifiques, dont des pratiques langagières » (Jaubert *et al.*, 2012, p. 2). Cela permet de formuler une seconde hypothèse : La prise en compte du bagage culturel des acteurs·rices (leurs savoirs, représentations, valeurs, etc.) est une condition nécessaire pour permettre l'appropriation et la mobilisation d'un système d'OCS et la construction collective de savoirs de métier sur le PCT selon une ETA.

Une *perspective énonciative* dans la mesure où l'activité énonciative en jeu dans l'élaboration progressive du micro-univers discursif sur le PCT par les acteurs·rices est appréhendée comme une activité de sémiologie (Grize, 1998 ; Miéville, 2014), c'est-à-dire une activité qui consiste à fabriquer du sens par une mise en signes<sup>14</sup> sur le PCT à travers les énonciations produites par les acteurs·rices au fur et à mesure de l'avancée du débat d'expert·es. Nous nous référons ici à la définition du signe donnée par Vygotski (1985/1934, p. 287), c'est-à-dire « tout stimulus artificiel créé par l'homme comme moyen de contrôle de comportement – son comportement propre ou celui des autres » ; lequel constitue un « moyen social » privilégié pour la transformation du psychisme naturel en psychisme culturel. Le signe correspond à ce que tout acteur·rice souhaite communiquer à autrui sur l'objet d'enseignement-apprentissage PCT et est articulé à la notion d'instrument. D'abord instrument externe, il est progressivement approprié par les acteurs·rices et devient instrument interne en « se subjectivant ». L'appropriation et l'intériorisation d'un signe entraînent la restructuration de la pensée en sélectionnant ce qui est pertinent à propos du PCT. Le signe n'est pas théorique. Il résulte de son emploi dans une situation spécifique (Grize, 1998), par exemple pour produire une interprétation d'une situation de classe ou professionnelle impliquant un PCT. Cela permet de formuler une troisième hypothèse : L'activité de sémiologie n'est pas neutre : à travers les énonciations produites par les acteurs·rices, des orientations se construisent progressivement sur la manière de considérer le PCT et ses modalités d'enseignement-apprentissage selon les finalités éducatives retenues. Cette activité permet la transformation d'une pensée non consciente (scolaire ordinaire) en une pensée consciente (spécialisée).

13. Dans une perspective historico-culturelle, le psychisme humain n'est pas seulement influencé par son bagage génétique, mais aussi et surtout par son bagage culturel construit au sein d'une société et d'une culture.

14. Selon Grize (1998, p. 116), « communiquer est une activité majeure de pensée, une activité de sémiologie, c'est-à-dire de mise en signes ».



## Une analyse de la schématisation des objets et sujets de discours sur le PCT

Comme la pensée en action des acteurs·rices dans le débat d'expert·es n'est pas accessible directement, mais par son expression à travers le langage, nous nous appuyons sur les fondements de la théorie de logique naturelle<sup>15</sup> (Grize, 1987, 1989, 1998, 2016) afin de rendre compte des opérations de pensée, appelées logico-discursives, qu'ils et elles mobilisent pour construire progressivement un micro-univers discursif sur la PCT selon une ETA. C'est ce que Grize (1987, p. 41) appelle une schématisation : « Ces opérations sont celles qui permettent à un opérateur (locuteur) de proposer à un auditeur (lecteur) une représentation cohérente de ce dont il veut traiter et que nous appelons une schématisation ». La schématisation est

à la fois la production et le résultat d'une activité de sémiologie discursive. Une schématisation présente, à un interlocuteur B, la façon dont un locuteur A voit quelque réalité, littéralement elle la lui propose, elle la lui donne à voir. C'est donc une *Vorstellung*, une représentation. (Grize, 1998, p. 121).

La schématisation donne à voir l'expression du processus constructif des objets de discours sur le PCT par les acteurs·rices en mettant en jeu trois concepts fondamentaux dans une relation dialectique : le référent, le sujet énonciateur et l'objet de discours. Ce dernier « qui naît du discours, construit dans et par le langage » (Jaubert *et al.*, 2012, p. 3) assure le trait d'union entre les deux premiers concepts. En effet, un objet de discours n'apparaît pas ex nihilo dans le discours lors du débat d'expert·es. Il est inscrit par une opération de référenciation (Miéville, 2014) dans une situation concrète, par exemple une situation de classe énoncée par un·e enseignant·e ou une situation professionnelle énoncée par un·e ingénieur·e. Il importe de souligner que tout objet de discours est un objet modélisant partiellement une situation. En effet, aucun objet de discours ne peut rendre compte de la complexité du PCT en tant qu'objet d'enseignement-apprentissage (le référent). À ce propos, Jaubert *et al.* (2012, p. 3) insistent sur le fait que les objets de discours doivent être distingués des objets référents, en ce sens que « l'énonciateur sélectionne certains éléments pour en parler, choisit de rendre certains aspects plus ou moins saillants à son destinataire en fonction de l'analyse qu'il fait de la situation de communication et élabore ainsi ce que Grize (1996) appelle une « schématisation » ». Par ailleurs, c'est non seulement la multiplicité des points de vue sur un même objet de discours qui permet d'accéder à une compréhension collective plus approfondie et plus complexe du processus du PCT, mais aussi sa mise en relation avec d'autres objets de discours lors de l'activité de sémiologie (Miéville, 2014, p. 54) : « Une fois ancré, et selon les objectifs poursuivis, un objet de discours pourra être enrichi, spécifié, mis en relation avec d'autres objets, transformé, etc. »

---

15. Cette théorie vise à « définir et décrire les opérations logico-discursives qu'un locuteur, dans une situation donnée, par rapport à un auditoire spécifique et en fonction d'une finalité bien déterminée, met en œuvre pour construire le micro-univers discursif propice à ses finalités. » (Miéville, 2014, p. 47).



L'activité de sémiotique est par essence dialogique (Miéville, 2014), car elle génère une « mise en signes » (Grize, 1998) entre une pluralité d'acteurs·rices (appelées sujets énonciateurs du discours) à propos des divers objets de discours émergeant du débat d'expert·es. Compte tenu de la diversité de leurs bagages culturels, la signification de toute énonciation relative à un objet de discours doit faire l'objet d'une reconstruction individuelle, puis collective. C'est en ce sens que Varela (1989, p. 115) insiste sur le fait que « l'acte de communiquer ne se traduit pas par un transfert d'information depuis l'expéditeur vers le destinataire, mais plutôt par le modelage mutuel d'un monde commun au moyen d'une action conjuguée ». Plus spécifiquement, l'activité de sémiotique est interdiscursive, car toute énonciation relative à un objet de discours porte souvent la trace des énonciations précédentes. Ainsi, dans cette activité, les locuteur·rices prennent le statut de « colocuteur·rice » ou de « multilocuteur·rice » (Maingueneau, 2022).

Toute activité énonciative à propos d'un objet de discours thématique porte les traces d'autres locuteurs par rapport auxquelles elle est identifiée. De même, toute énonciation porte les traces des locutés auquel elle s'adresse, des locutés qui, dans la perspective dialogale, sont amenés à être considérées comme des locuteurs possibles, et partant, comme capables à leur tour et en écho aux énonciations initiales, d'y répondre par de nouvelles énonciations. (Miéville, 2014, p. 48).

Par sa nature dialogique et interdiscursive, l'activité de sémiotique contribue à l'enrichissement des objets de discours sur le PCT au fur et à mesure de l'avancée du débat d'expert·es. Nous y reviendrons plus loin.

### **Méthodes de collecte et d'analyse des données**

Les données sont issues de l'enregistrement audio du débat d'expert·es sur le PCT conduit à la suite de la mise en œuvre/à l'épreuve des situations d'enseignement-apprentissage (cf. phase 5 de la figure 2, volet 1 de cette contribution). Ce débat d'environ deux heures conduit par les chercheurs didacticiens en appui sur diverses traces de l'activité des enseignant·es a été transcrit intégralement sous la forme de verbatims. Il s'articule autour de 78 tours de parole partagés entre deux chercheurs didacticiens (CH1 et CH2), quatre ingénieur·es (BMA, BBU, VBO, ELE)<sup>16</sup> et sept enseignant·es (AGA, CGU, CPI, CWI, JME, LRA, VMI) (cf. annexe 1, incluant les codages réalisés au moyen des divers indicateurs). Soulignons que ce sont essentiellement les rapporteur·rices des équipes qui ont pris la parole, soit environ la moitié des enseignant·es.

La méthode d'analyse des données s'inspire de celle développée dans deux contributions antérieures dont l'objectif est de rendre compte de la construction des points de vue (PDV) partagés et de l'émergence de savoirs de métier dans le cadre d'une CDPP sur l'enseignement du vivant à l'école primaire (Marlot & Roy, 2024 ; Roy & Marlot, 2024). Les données du débat d'expert·es

16. *BMA*, *BBU* et *VBO* sont employés de la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA) et *ELE* est employée de l'École des métiers professionnels de Fribourg (EMF), cette dernière ayant assisté uniquement à la séance du débat d'expert·es de la CDPP.

ont fait l'objet d'une analyse à deux échelles de granularité. À une échelle microscopique, une analyse microdidactique (Ligozat, 2015) visant à répondre à la question «Quels objets de discours sont en jeu et comment sont-ils coconstruits?» a permis de découper le discours en unités discursives (UD). Les UD correspondent à la plus petite unité de découpage du discours, soit à des aspects spécifiques d'un OD. Concrètement, elles correspondent à des PDV<sup>17</sup> (Nonnon, 1998) que les acteurs·rices expriment en lien avec des OD. Introduites de manière discontinue dans le débat d'expert·es, leur juxtaposition permet néanmoins de reconstituer l'OD dans sa globalité. Nous les avons numérotées selon un ordre chronologique. Cette analyse a conduit à un découpage du discours en 82 UD et 15 OD. Ce découpage fin s'avère particulièrement pertinent pour comprendre la genèse du discours selon les OD introduits à travers le temps (chronogénèse) et investiguer la responsabilité des acteurs·rices dans leur élaboration (topogénèse). Une fois ce découpage réalisé, nous avons procédé à une analyse de la schématisation des objets de discours (OD) (sur quoi porte le discours?) et des sujets de discours (SD) (qui parlent de ces objets et selon quel(s) PVD?) (Grize, 1998; Miéville, 2014). À une échelle mésoscopique, nous avons procédé à une deuxième lecture du corpus langagier de manière à répondre à la question «Quels savoirs de métier font l'objet d'une coconstruction par les acteurs·rices, en impliquant notamment les enseignant·es?». Dans un premier temps, il s'agissait d'identifier les «objets de discours relatifs à l'analyse des situations d'enseignement qui peuvent se transformer en objets de dialogues, dont une part représente des savoirs de métier» (Brière & Simonet, 2021, p.52). Dans un second temps, il s'agissait de produire une synthèse des éléments de savoirs de métier émergeant du débat d'expert·es. La figure 1 donne un aperçu de la méthodologie d'analyse des pratiques langagières du débat d'expert·es dont les indicateurs sont explicités et justifiés dans les paragraphes qui suivent.

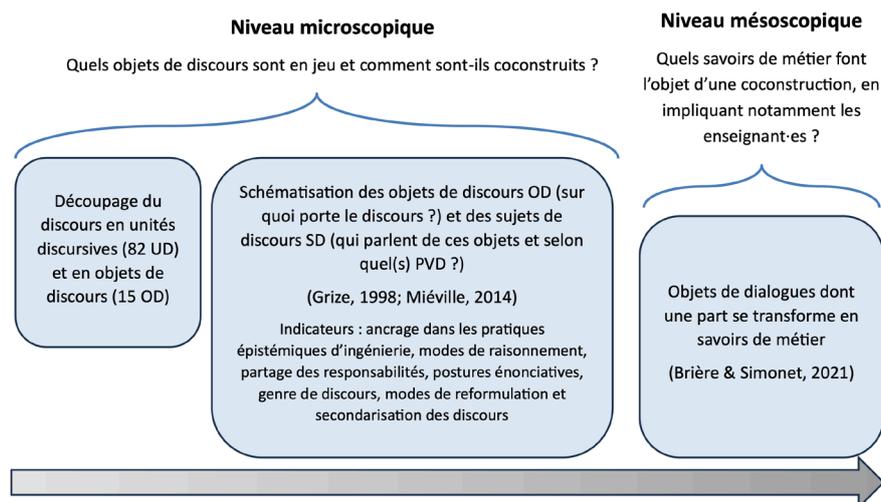


Figure 1 : Méthodologie d'analyse des pratiques langagières du débat d'expert·es (Adaptation de Roy & Marlot, 2024 et Marlot & Roy, 2024)

17. Au sens de Nonnon (1998), le PDV est considéré ici à la fois comme condition d'apprentissage et objectif à atteindre.



## **Indicateurs d'analyse de la schématisation des objets et sujets de discours sur le PCT**

### ***Ancrage des OD dans les pratiques épistémiques d'ingénierie***

Cet indicateur permet de caractériser le contenu propositionnel des OD selon les «pratiques épistémiques d'ingénierie» (PEI) (Cunningham et Kelly, 2017a, 2017b, 2019) mobilisées. Ces pratiques mettent en exergue les processus cognitifs en jeu dans un PCT tels que développés 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 identifions en outre les OD qui se réfèrent globalement au PCT (par son caractère itératif ou interdisciplinaire, par exemple). Un fort ancrage des OD dans les PEI témoigne d'un débat d'expert·es à forte valeur épistémique, et renseigne sur la valeur épistémique potentielle de l'activité de l'enseignant·e dans la mise en œuvre d'un PCT en classe.

### ***Modes de raisonnement mobilisés par les acteurs·rices pour l'expression des OD***

L'activité énonciative du débat d'expert·es peut se modéliser comme une succession d'opérations logico-discursives (Grize, 1998 ; Miéville, 2014) permettant d'exprimer et de mettre en relation les OD. Ces opérations peuvent être appréhendées par le biais des «tâches épistémiques» (TE) développées par Ohlsson (1996) pour caractériser les modes de raisonnement d'acteurs·rices lorsqu'ils et elles expriment ou confrontent des PDV dans des situations de communication orale ou écrite. En nous appuyant sur les modes de raisonnement associés aux 6 niveaux de cognition d'Anderson *et al.* (2001) (mémoriser, comprendre, appliquer, analyser, évaluer et créer) (annexe 2), nous caractérisons chacune des UD sous l'angle des TE, tout en identifiant les catégories d'acteurs·rices impliqués·es. La mobilisation de TE à visée descriptive/compréhensive (niveaux de cognition 1 et 2) témoigne de la capacité des acteurs·rices à interpréter leur activité alors que la mobilisation de TE à visée analytique/évaluative (niveaux de cognition 4 et 5) témoigne de leur capacité à adopter une posture réflexive par rapport à celle-ci ; ces dernières étant propices à l'émergence de «savoirs pour analyser l'activité» (Brière & Simonet, 2021).

### ***Partage des responsabilités des acteurs·rices dans l'élaboration des OD***

Considérant que l'activité énonciative du débat d'expert·es est à la fois dialogique/interdiscursive (elle implique la construction de PDV portant la trace de plusieurs acteurs·rices) et délibérative (elle implique la confrontation de représentations discursives individuelles et l'élaboration de représentations discursives collectives) (Miéville, 2014), nous rendons compte du partage des responsabilités (topogénèse) des acteurs·rices dans l'élaboration des OD. La topogénèse renseigne sur les catégories d'acteurs·rices (enseignant·es, ingénieur·es ou chercheurs didacticiens) impliqués·es dans l'élaboration des OD.



### **Postures énonciatives adoptées par les acteurs·rices pour l'expression des OD**

La notion de « position énonciative » permet de saisir la position que prend un·e acteur·rice dans l'expression d'un OD : « L'énonciateur premier réfère aux objets de discours tout en se positionnant par rapport à eux, en indiquant de quel point de vue, dans quel cadre il les envisage » (Rabatel, 2012, p.23). La position énonciative pose la question de la source des points de vue (PDV) (qui énonce ces PDV ?), mais aussi de « la position et de la hiérarchisation des énonciateurs face aux PDV des autres » (Ibid., p.27). Par ailleurs, il importe de distinguer le·la locuteur·rice comme instance de production physique de l'énoncé, de l'énonciateur·rice qui prend en charge le PDV en le considérant comme vrai, ou à tout le moins, comme correspondant à sa manière de voir le monde (Rabatel, 2012). Pour rendre compte de la position que prennent des acteurs·rices par rapport à d'autres lors de leurs énonciations, nous reprenons les 3 catégories de « postures énonciatives » énoncées par Rabatel (2012) :

- La *sur-énonciation* qui est la coproduction d'un PDV « surplombant » de l'énonciateur·rice qui reformule le PDV d'un·e autre (en paraissant parfois dire la même chose) tout en modifiant à son profit le domaine de pertinence du contenu ou son orientation argumentative. C'est une forme d'accord modulé en vue d'un avantage cognitif et/ou interactionnel, comme s'il ou elle se donnait le rôle de compléter le PDV initial, de lui donner son vrai sens, son véritable enjeu. La surénonciation exprime un certain caractère dominant qui est reconnu par d'autres acteurs·rices ;
- La *sous-énonciation* qui est la coproduction d'un PDV « dominé ». L'énonciateur·rice reprend avec réserve, distance ou précaution le PDV qui vient d'une source à laquelle il ou elle confère un statut prééminent (un individu, une norme, une institution, la vérité), faisant entendre que ce PDV est d'abord celui d'un·e autre avant d'être le sien. L'énonciateur·rice revient sur une définition ou un raisonnement à partir d'un PDV qui n'est pas le sien, tout en faisant entendre une mise à distance à l'égard de ce que l'autre rapporte ;
- La *co-énonciation* qui correspond à la coproduction d'un PDV partagé. Elle révèle d'un accord de deux ou plusieurs énonciateur·rices avec ce qu'ils ou elles énoncent, faisant de cet énoncé un énoncé coconstruit et pris en charge collectivement par ces énonciateur·rices.

Outre ces postures, nous en considérons une autre : la *posture neutre* qui se réfère à celle d'un·e énonciateur·rice qui exprime un PDV n'ayant aucune relation apparente (implicite ou explicite) avec le PDV d'un·e autre acteur·rice.

### **Genre de discours adopté par les acteurs·rices pour l'expression des OD**

Les PDV énoncés par les acteurs·rices sur les OD s'expriment par des formes langagières multiples. Pour caractériser les UD selon le genre de discours, nous nous appuyons sur Jaubert et Rebière (2021) (tableau 1). Aux genres *premier* et *second* (Bakhtine, 1984), nous ajoutons le *genre hybride* dont la



formulation de l'UD relève d'une hybridation des formes langagières première et seconde, ou autrement dit d'un métissage entre les discours « ordinaire » et « spécialisé » sur le PCT. Dans les extraits de verbatim sélectionnés pour illustrer les résultats, les mots ou expressions relevant d'une forme langagière première sont soulignés et accompagnés d'une référence à la forme langagière seconde entre des crochets alors que ceux relevant d'une forme langagière seconde sont mis en caractère gras. Lorsqu'un·e enseignant·e adopte un genre hybride ou second pour raisonner sur son activité, cela renseigne sur sa capacité à mettre à distance ses actions afin d'entrer dans une ETA.

Tableau 1 : Indicateurs de genre premier ou second des objets de discours (Adaptation de Jaubert & Rebière, 2021)

Genre premier	Genre second
Formulation dans une forme langagière première : « langage naturel de la sémantique de l'action » (Sensevy, 2001) avec des concepts spontanés du monde quotidien ou scolaire ordinaire	Formulation dans une forme langagière seconde : langage reconfiguré de l'action avec des concepts du monde conceptuel ou professionnel
Récit d'une expérience professionnelle singulière (immédiateté de l'action)	Récit d'une expérience professionnelle généralisée (mise à distance de l'action)
Expression par une « pensée non consciente » (Vygotski, 1985/1934) : sans effort d'objectivation avec des idées formulées de manière éparse (absence de mise en réseau des UD ou OD et de construction des raisonnements logiques)	Expression par une « pensée consciente » (Vygotski, 1985/1934) : effort d'objectivation de l'« action sensée humaine » avec des idées cohérentes et organisées (mise en réseau des UD ou OD et construction de raisonnements logiques)
Objets de discours mobilisant des savoirs personnels ou d'action caractérisés par des formes scolaires traditionnelles (Barthes & Alpe, 2017)	Objets de dialogue articulant des savoirs d'action avec des savoirs savants ou experts, dont une part prend la forme de savoirs de métier (Brière & Simonet, 2021)

### ***Modes de reformulation adoptés par les acteurs·rices pour l'expression des OD***

Comme souligné précédemment, une énonciation porte souvent la trace d'autres acteurs·rices. Elle se présente comme une reformulation où l'énonciateur·rice revient sur des dires antérieurs (Rabatel, 2010). La reformulation consiste en « tout processus de reprise d'un énoncé antérieur qui maintient, dans l'énoncé reformulé, une partie invariante à laquelle s'articule le reste de l'énoncé, partie variante par rapport à l'énoncé source » (Martinot, 2009, p. 8). Qu'elle prenne la forme d'une reformulation paraphrastique ou non paraphrastique, elle contribue à la construction de sens (et donc à l'activité de sémiose) dans une situation de communication :

Les reformulations paraphrastiques et non paraphrastiques sont donc celles qui construisent a priori le sens, qu'il s'agisse d'apporter un nouveau point de vue, un éclairage différent pour une même information (reformulations paraphrastiques) ou de donner une autre information avec la même construction (reformulations non paraphrastiques) (Martinot, 2015, p. 3).

Pour caractériser les modes de reformulation que les acteurs·rices adoptent pour co(formuler) des OD, nous nous appuyons sur Kerbrat-Orecchioni et Plantin (1995) et Martinot (2015) :



- La *reformulation paraphrastique* est celle d'un·e énonciateur·rice qui reformule à l'identique un PDV ou apporte un éclairage différent pour une même information. Elle implique une relation effective entre un « énoncé source » et un « énoncé reformulant » qui présentent une parenté sémantique intrinsèque (conservation de la perspective énonciative et non-hiérarchisation entre les formulations); ces énoncés pouvant être reliés par un marqueur de reformulation verbal ou paraverbal (Fuchs, 1994);
- La *reformulation non paraphrastique* est celle d'un·e énonciateur·rice qui reformule le PDV d'un·e autre en le faisant évoluer ou en le transformant. Elle implique une rupture sémantique (changement de la perspective énonciative et hiérarchisation entre les formulations). Nous considérons deux modalités possibles pour cette reformulation: a) la *reformulation ascendante* qui consiste à enrichir le contenu propositionnel d'un OD par l'ajout d'idée(s) et b) la *reformulation descendante* qui consiste à appauvrir le contenu propositionnel d'un OD par le retrait d'idée(s);
- La *formulation première* est celle d'un·e énonciateur·rice qui propose un nouveau contenu propositionnel encore inédit jusqu'alors dans le discours.

L'indicateur « modes de reformulation » est d'un intérêt capital compte tenu de la nécessité d'introduire des formulations premières ou ascendantes afin de rendre possible l'enrichissement des OD sur le PCT au fur et à mesure de l'avancée du débat d'expert·es.

### **Secondarisation des discours**

Pour rendre compte de l'évolution des formes langagières retenues pour l'expression des OD par les acteurs·rices, nous portons une attention particulière aux « déplacements cognitifs et énonciatifs » (Jaubert, 2007; Jaubert & Rebière, 2020) qui s'opèrent chez les acteurs·rices, en particulier chez les enseignant·es, au fur et à mesure de l'avancée du débat d'expert·es. Ce processus qui se réfère à ce que Jaubert (2007) appelle la « secondarisation des discours »<sup>18</sup> dans des moments d'appropriation d'« outils culturels et sémiotiques » constitue un indicateur d'acquisition des savoirs de métier. En effet, comme le souligne cette auteure, l'enjeu n'est pas tant de savoir si l'acteur·rice en question produit un discours de genre premier ou second (Bakhtine, 1984), mais plutôt de savoir si :

dans les ébauches d'appropriation des outils culturels et sémiotiques, un nouveau comportement cognitif et langagier s'élabore, avec recours à des formes peu à peu stabilisées [...] On cherche à savoir si le nouveau discours se transforme, s'il signale un travail « réflexif » via des formes plus conventionnelles et ce faisant, témoigne d'un **déplacement cognitif et énonciatif**, d'une modification de sa compréhension de l'activité et de son rapport au monde, ainsi que son institution en tant qu'acteur social dans un nouveau contexte dont il peut s'approprier les savoirs (Jaubert 2007, p. 208).

18. Ce concept développé dans le cadre de communautés discursives disciplinaires scolaires (Bernié, 2002) est transposé ici à la sphère de la CDPP.



Pour rendre compte de la secondarisation des discours, nous croisons les indicateurs «genre de discours» et «modes de reformulation» afin d'identifier les énonciations émergentes à la fois d'une évolution langagière (passage du genre premier aux genres hybride ou second / passage du genre hybride au genre second) et d'une reformulation ascendante (enrichissement du contenu propositionnel d'un OD). À travers ces énonciations, nous tentons de saisir la nature des savoirs de métier (Brière & Simonet, 2021) faisant l'objet d'une coconstruction par les acteurs·rices. Nous considérons que les savoirs de métier s'inscrivent dans une perspective d'ETA s'ils articulent des savoirs d'action avec des savoirs savants ou experts sur le PCT.

Pour ce faire, nous avons élaboré une schématisation de la secondarisation des discours sur le PCT selon l'avancée du débat d'expert·es (chronogénèse) et le partage des responsabilités (topogénèse) (Figure 3). Ce schéma met en exergue 4 configurations de relations logiques entre les OD :

Configuration 1: Relation nulle impliquant la conservation de l'OD et du genre de discours

Configuration 2: Relation horizontale impliquant un changement de l'OD, mais une conservation du genre de discours

Configuration 3: Relation verticale impliquant une conservation de l'OD, mais un changement du genre de discours

Configuration 4: Relation oblique impliquant à la fois un changement de l'OD et du genre de discours

La conservation du contenu propositionnel d'une UD (mode de reformulation paraphrastique) est identifiée par un **trait pointillé en bleu**, alors que le changement de son contenu propositionnel est identifié par une **flèche en vert** si la reformulation est ascendante et par une **flèche pointillée en rouge** si la reformulation est descendante. Enfin, les formulations premières sont indiquées par un astérisque (\*).

Dans la section des résultats, des exemples de séquences discursives sont présentés pour illustrer chacune de ces configurations, et pour montrer comment s'opère la secondarisation des discours sur le PCT, en reprenant les tâches épistémiques et les postures énonciatives. Le verbatim du débat d'expert·es en annexe 1 inclut les codages réalisés au moyen des divers indicateurs. Les extraits illustratifs sont identifiés par un triplet: acronyme de l'énonciateur·rice, numéro de l'unité discursive et numéro de l'objet de discours.



## Résultats

### Les objets de discours sur le processus de conception technique émergeant du débat d'expert-es

Quinze OD émergent du débat d'expert-es dont certains (OD 10-11-12-15) occupent une place importante dans les échanges (tableau 2). La distribution des 82 unités discursives (UD) découpant ce débat montre un ancrage fort dans les pratiques épistémiques d'ingénierie (PEI).

Tableau 2 : Ancrage des objets de discours dans les pratiques épistémiques d'ingénierie

Objets de discours (OD)	Distribution des unités discursives selon les Pratiques épistémiques d'ingénierie (PEI)					
	Définir des problèmes	Générer et sélectionner des solutions de manière itérative	Analyser et modéliser	Expérimenter et évaluer	Communiquer et prendre des décisions	Autres caractéristiques
OD1-Définition du cahier des charges (7 UD)	8-15-26-36-37-63-64			8-64		
OD2-Identification du matériel à disposition dans la conception d'un prototype (3 UD)	28	27	5-28			
OD3-Prise en compte du cahier des charges dans la conception d'un prototype (4 UD)	21	21-22-23-35				
OD4-Priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype (8 UD)	53	43-44-45-46-47-48-52-53	52			
OD5-Modalités d'organisation du travail lors de la conception d'un prototype (3 UD)	50-51	49-50-51				
OD6-Utilisation du matériel et des outils dans la réalisation d'un prototype (3 UD)		2-6-18				
OD7-Compréhension du fonctionnement d'un système ou de grandeurs physiques dans la réalisation d'un prototype (3 UD)		72	7-72-76		72	Caractère interdisciplinaire du PCT 72
OD8-Défis liés à l'articulation conception-réalisation (1 UD)		10		10	10	
OD9-Appports de l'ingénieur-e en classe pour l'expérimentation et l'évaluation des prototypes (2 UD)			3-11	3-11	3	
OD10-Evaluation régulatrice au sein d'un PCT (11 UD)	65-66-82		41-42	55-66-82	65-66	Référence globale au PCT 33-34-38-39-40



OD11-Modélisation comme activité intégrée au PCT (12 UD)	1	1-20-29-31-67	1-9-13-20-29-31-67	29-67	1-29	Référence globale au PCT 24-58-59-60 Caractère interdisciplinaire du PCT 30
OD12-Production d'une solution technique optimale (4 UD)		19-56-57-75				
OD13-Communication sur le PCT (2 UD)					12-32	
OD14-Dimension itérative d'un PCT (9 UD)	61-62-68-69-70	4-14-17-61-68-69	14	4-17-61-62-68-69-70	4	Référence globale au PCT 16
OD15-Spécificité des tâches ou des modes de pensée (créative, réflexive ou technique) en jeu dans un PCT (10 UD)		54-80-81	80	54-80-81		Référence globale au PCT 25-71-73-74-79 Caractère interdisciplinaire du PCT 77-78
<b>Nombre d'UD Total : 82</b>	<b>21</b>	<b>39</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>19</b>

Légende : unité discursive (UD)

En effet, la plupart des OD sont ancrés dans plusieurs, voire dans certains cas (pour les OD 11 et 14), dans l'ensemble des PEI, ce qui indique que le débat est centré sur le PCT. La PEI « générer et sélectionner des solutions de manière itérative » est de loin la plus mobilisée lors de l'expression des OD avec un nombre d'énonciations relativement élevé (39/82 UD). Quant aux autres PEI, elles sont mobilisées au travers des OD dans une proportion similaire (environ une vingtaine d'UD), hormis la PEI « communiquer et prendre des décisions » mobilisée moins fréquemment. Par ailleurs, plusieurs énonciations relatives aux OD 7-10-11-14-15 font référence au PCT appréhendé dans globalité, pour son caractère itératif ou interdisciplinaire. Par exemple, l'enseignant AGA, en collaboration avec l'ingénieur VBO, a engagé ses élèves dans un atelier de modélisation à caractère interdisciplinaire en leur permettant de s'approprier des concepts scientifiques fondamentaux (grandeurs physiques) en jeu dans le fonctionnement des véhicules à propulsion miniaturisés :

Pour la **modélisation**, j'ai préparé des ateliers avec des véhicules. Le but était qu'on commence quand même à dialoguer et puis à mettre des mots comme **propulsion**, **frottement**, etc. Et puis, je voulais que ça devienne des concepts concrets dans leur représentation [...] Donc là, ils ont tourné sur les différents ateliers et on a pu expliquer ce que c'était la **force**, le **déplacement**, la **direction de la force**, des trucs comme ça et qu'ils aient une bonne représentation avec ces choses-là. Et en parallèle, on a fait un **petit lexique** dans lequel on reprenait certains termes : il y avait leurs mots à eux, le terme dédié, l'explication et puis un petit schéma pour illustrer un tout petit peu le problème. (AGA, UD30, OD11)

Au terme du débat d'expert·es, AGA rappelle à nouveau « l'aspect plus scientifique » du PCT et évoque la double posture du·de la scientifique et de



l'ingénieur·e chez les élèves lorsqu'ils·elles sont engagé·es dans un PCT. Dans cette énonciation, la récurrence du « mais » signale la tension de leur faire endosser cette double posture alors qu'en réalité l'activité de conception de l'ingénieur·e implique naturellement la mobilisation de concepts scientifiques en raison de son caractère interdisciplinaire.

Je dirais que l'activité de conception c'est le niveau le plus haut [...] Et puis après, justement, c'est là qu'on doit les ramener à l'**aspect plus scientifique**, mais sans les frustrer. Après y'a différentes contraintes qu'on peut mettre, moi j'avais mis des défis, on avait fixé des défis, mais **c'est difficile après de les rendre que scientifiques qu'ingénieurs et de les dissocier**. (AGA, UD78, OD15)

Il apparaît que les enjeux du laboratoire destiné à consolider quelques concepts scientifiques fondamentaux chez les enseignant·es dans la première séance (21.11.2018) de la CDPP ont été réinvestis dans la classe d'AGA, et qu'ils ont contribué à développer chez lui un savoir de métier pour aborder le PCT dans une perspective interdisciplinaire. Par ailleurs sa préoccupation d'amener les élèves à construire un lexique de l'activité de conception ancré dans leur expérience vécue s'inscrit comme stratégie d'enseignement visant à distinguer l'activité de conception d'une activité de bricolage. Nous y reviendrons plus loin.

Le tableau 3 présente la distribution des tâches épistémiques (TE) mobilisées par les acteur·rices pour l'expression des OD (tous les OD confondus). D'entrée de jeu, nous observons que les enseignant·es occupent une place prépondérante dans le débat d'expert·es avec une prise en charge de 62 % des UD en relation avec les différents OD. Quant aux ingénieur·es et aux chercheurs, ils et elles contribuent à la production de 25 %, respectivement 13 % des UD. Dix-sept TE sont mobilisées parmi 4 des 6 niveaux de cognition<sup>19</sup> d'Anderson *et al.* (2001) :

- Les TE *citer, décrire, rappeler* et *reconnaître* du niveau 1 (memoriser) avec 52 UD (26 %) ;
- Les TE *comparer/différencier, définir, désigner, exemplifier, expliquer* et *interpréter* du niveau 2 (comprendre) avec 58 UD (29 %) ;
- Les TE *déduire, mettre en relation, prioriser, questionner* et *se questionner* du niveau 4 (analyser) avec 47 UD (24 %) ;
- Les TE *apprécier* et *argumenter* du niveau 5 (évaluer) avec 42 UD (21 %).

La distribution relativement équilibrée des TE dans les 4 niveaux de cognition rend compte de la double visée – descriptive/compréhensive et réflexive/évaluative – du débat d'expert·es. En particulier, les enseignant·es expriment leurs OD par des TE de l'ensemble des niveaux de cognition, ce qui témoigne de leur capacité non seulement à décrire leur activité (ou celle de leurs pairs), mais aussi à adopter une posture réflexive par rapport à celle-ci. En d'autres mots, les énonciations produites par les enseignant·es

19. Le fait qu'aucune TE des niveaux de cognition 3 (appliquer) et 6 (créer) n'ait été mobilisée par les acteur·rices pour exprimer leurs OD s'explique en raison de la nature même du contexte spécifique du débat d'expert·es.



sur les OD sont propices à l'émergence de « savoirs pour réaliser et analyser l'activité » (Brière & Simonet, 2021).

Néanmoins, les TE mobilisées pour coformuler les OD varient selon les catégories d'acteurs·rices. En effet, les TE des niveaux de cognition 1 (mémoire) et 5 (évaluer) sont portées davantage par les enseignant·es, celles du niveau 2 (comprendre) sont portées davantage par les enseignant·es et les ingénieur·es et celles du niveau 4 (analyser) sont portées davantage par les ingénieur·es et les chercheurs. Plus spécifiquement, les enseignant·es formulent leurs OD essentiellement par les 5 TE *citer, décrire, comparer/différencier, expliquer* et *apprécier*, les ingénieur·es par les TE *définir, désigner, interpréter* et *mettre en relation* et les chercheurs par les TE *questionner* et *mettre en relation*. Cette distribution montre que les trois catégories d'acteurs·rices contribuent selon des visées différenciées et complémentaires à la mise en œuvre du débat d'expert·es. Alors que les enseignant·es s'acquittent davantage à décrire, comparer, expliquer ou apprécier leur activité en se référant à des situations de classe, les ingénieur·es s'acquittent pour leur part à : 1) définir des concepts didactiques (en particulier le PCT) en s'appuyant sur des situations de classe énoncées par les enseignant·es ; 2) interpréter des situations de classe par des outils (par ex., le cahier des charges) ou des phases spécifiques du PCT (par ex., la modélisation) ; 3) mettre en relation des situations de classe avec des situations professionnelles. Quant aux chercheur·s, ils questionnent les enseignant·es sur l'ancrage du PCT et de l'activité de modélisation dans leurs situations de classe et sollicitent les enseignant·es et les ingénieur·es à mettre en relation des situations de classe avec des situations professionnelles.

À titre d'exemples, en lien avec l'OD2, l'enseignante VMI compare et apprécie les dessins de ses élèves lors de la conception de leur prototype avec ceux de la classe de sa collègue LRA.

Ouais, alors moi déjà dans le dessin [en référence au schéma de principe ou de conception] certains avaient de la peine à partir avec du matériel de récupération. Donc, ils mettaient des choses comme les vitres, le métal, voilà, en rapport aussi avec la réalité, tout ça. Et puis, c'est vrai que pour le départ, la classe de LRA, ils sont plus partis directement avec une bouteille et moi pas du tout. Donc, c'est vrai que ça a pris plus de temps du coup et que cela a compliqué certaines choses au départ. (VMI, UD5, OD2)

L'ingénieur BMA, en lien avec l'OD14, met en relation et interprète les PCT en classe avec ceux réalisés dans les pratiques sociotechniques de référence (Lebeaume, 2001). En s'appuyant sur des situations de classe énoncées par les enseignant·es, il définit ce qu'est un prototype en tant qu'une solution technique provisoire à améliorer :

Après avoir trouvé des **solutions** qui permettent de résoudre ce **problème-là**, on voit effectivement comme tu l'as dit *ELE*, que c'est [le processus de conception] très **itératif**, même dans le monde des professionnels. On parle de plus en plus du **développement virtuel** où de manière virtuelle on devrait avoir un **objet parfait**. Mais en réalité, ce que vous avez fait ce



sont des **prototypes**, et puis les **prototypes** c'est en général une première version qui demande d'être améliorée une fois, deux fois, trois fois. (BMA, UD16, OD14).

Lors de la troisième séance (30.01.2019) de la CDPP, des éclairages épistémologiques ont été apportés par l'équipe de pilotage sur les processus d'investigation scientifique et de conception technique afin de les différencier sur les plans de leurs finalités et modalités opératoires. Ces éclairages sont rappelés par le CH 1 dans le débat d'expert-es. En lien avec l'OD15, celui-ci différencie ces processus et questionne les enseignant-es sur les tâches spécifiques des élèves dans un PCT en se référant à la posture du·de la petit·e ingénieur·e.

Au début de la communauté, on a parlé de **démarche scientifique** et de **démarche de conception d'objets techniques**. Si je vous demandais un peu parce que vous avez aussi en même temps fait des **schémas du processus de conception**, quelles sont les **tâches qui relèvent du petit ingénieur et non du scientifique**? [...] Quelles sont ces différentes tâches, sans nécessairement lire sur mes schémas? Qu'est-ce que vous avez retenu? Des tâches où vraiment vous vous dites à ce moment-là l'élève est dans une **posture du petit ingénieur** et non dans un questionnement comme comprendre un phénomène en sciences. Vous voyez la différence? Le regard est un peu différent. J'aimerais vous entendre par rapport à ça. (CH1, UD77, OD15)

En réponse à la question du CH 1, AGA explique et différencie le PCT par rapport au processus d'investigation scientifique par le fait qu'il nécessite la résolution d'un problème de conception défini par différentes contraintes, et la mobilisation de la pensée créative chez les élèves.

Je dirais que l'**activité de conception** c'est le niveau le plus haut, parce que c'est le réinvestissement de choses qu'on a déjà vues, comprises et tout ça. [...] Donc à un moment donné, on doit leur dire y'a un problème là. On doit les soutenir, les aider ou mettre quelque chose autour pour qu'ils puissent **résoudre une problématique**, et puis **c'est la créativité qui fait pour moi qu'ils sont des petits ingénieurs**, parce que si c'est feuille blanche et qu'il n'y a rien qui sort, ben voilà. Mais dès qu'ils partent avec quelque chose, de toute façon pour moi ils sont partis dans une **idée de développement, de créer** quelque chose. Après y'a différentes **contraintes** qu'on peut mettre, moi j'avais mis des **défis**, on avait fixé des **défis** [en référence au cahier des charges], mais c'est difficile après de les rendre que scientifiques, qu'ingénieurs et de les dissocier. (AGA, UD78, OD15)

En réaction au PDV d'AGA «c'est difficile après de les rendre que scientifiques, qu'ingénieurs et de les dissocier», le CH 1 questionne à nouveau les enseignant-es en se focalisant sur les tâches techniques, soient les processus cognitifs spécifiques d'un PCT (Mentzer *et al.*, 2015) en rappelant aux enseignant-es les PCT qu'ils et elles ont conceptualisés lors de cette même séance de la CDPP.



Est-ce qu'il y a d'autres tâches, que vous voyez qu'elles relèvent plus de la **technique**, que vous avez fait faire à vos élèves? [...] J'aimerais savoir ce que vous reprenez parce que vous nous avez proposé des schémas, vous avez dessiné des **schémas**, vous avez mis ça en œuvre dans la classe, y'avait de la créativité je suis d'accord, mais est-ce qu'il y avait autre chose dans vos schémas aussi? Quelles tâches les élèves faisaient? Quelles **tâches techniques**? (CH1, UD79, OD15)

Dès lors, AGA enrichit son PDV en expliquant que le PCT nécessite également la réalisation et l'évaluation du prototype en plus de sa conception.

Y'a des tâches forcées, quand on les a mis en **atelier de modélisation**. C'est forcé donc c'est clair qu'ils sont dedans, mais à un moment donné tout d'un coup, ils **doivent faire une roue, ils doivent fixer un axe dessus**, ben d'abord ils le fixent comme ils veulent et puis après ils voient que ça ne tourne pas bien, alors ils doivent **comprendre qu'ils doivent centrer le trou** pour mettre l'axe au centre, faire des choses comme ça. Et puis, ben ça, ça implique des **tâches plus techniques**, il faut mesurer, regarder où est le centre, il faut... Alors ça, c'est plus à chaud, mais toujours dans ce **processus créer/tester**. (AGA, UD80, OD15)

Par ces différentes TE portées par les ingénieur·es et les chercheurs, les OCS introduits dans les séances précédentes de la CDP sont remobilisés comme objets bifaces (Ligozat & Marlot, 2016) afin de soutenir la coanalyse des situations d'enseignement-apprentissage.

Tableau 3: Tâches épistémiques mobilisées par les acteurs·rices pour l'expression des objets de discours

Niveaux de cognition d'Anderson <i>et al.</i> (2001)	Tâches épistémiques	Prise en charge par l'enseignant·e	Prise en charge par l'ingénieur·e	Prise en charge par le chercheur
<b>Niveau 1 : Mémoriser</b> Extraire les connaissances significatives issues de sa mémoire à long terme	CITER 19	17 AGA (25-26-27-28-29-30-32-66-72-82), CGU (9-11-21), JME (36), LRA (1-3-4)	2 BMA (16-20)	0
	DÉCRIRE 24	23 AGA (25-26-27-28-29-30-31-32-33-35-37-41), CGU (8-9-10-11-12-21), LRA (1-2-3-4-67)	0	1 CH1 (60)
	RAPPELER 1	1 JME (36)	0	0
	RECONNAITRE 8	6 AGA (44-64), JME (47-55-57), LRA (69)	0	2 CH1 (79-81)
	52 UD	47 UD	2 UD	3 UD



<b>Niveau 2 : Comprendre</b> Construire la signification d'informations reçues (orales, écrites et graphiques)	COMPARER / DIFFÉRENCIER 18	16 AGA (25-26-46-56-67-72-78), CGU (8-11-19), JME (43), LRA (1-4-49), VMI (5-7)	0	2 CH1 (77-79)
	DÉFINIR 5	0	4 BMA (16-74), ELE (14-61)	1 CH1 (79)
	DÉSIGNER 4	0	4 BMA (16-74), ELE (61-63)	0
	EXEMPLIFIER 6	4 AGA (80), CGU (9-11-19)	2 BMA (15-16)	0
	EXPLIQUER 19	13 AGA (29-39-50-52-66-72-78-80-82), CGU (10), JME (48), LRA (4), VMI (6)	6 BBU (75), BMA (20-74), ELE (14-68), VBO (76)	0
	INTERPRÉTER 6	1 AGA (62)	5 BMA (16-74), ELE (63-68), VBO (76)	0
	58 UD	34 UD	21 UD	3 UD
<b>Niveau 4 : Analyser</b> Décomposer les parties constitutives d'un tout et déterminer les liens qui unissent ces parties entre elles et à une structure ou une finalité d'ensemble	DÉDUIRE 3	0	2 BMA (18-22)	1 CH1 (24)
	METTRE EN RELATION 22	3 AGA (25-26-78)	12 BBU (17-75), BMA (15-16-18-74), ELE (14-23-61-63), VBO (70-76)	6 CH1 (13-24-58), CH2 (71-73-77)
	PRIORISER 4	4 AGA (25-41-48-52)	0	0
	QUESTIONNER 15	3 CGU (59), CWI (38), JME (43)	3 ELE (61-65), VBO (70)	9 CH1 (13-24-34-42-58-77-79), CH2 (71-73)
	SE QUESTIONNER 3	2 CGU (9), LRA (67)	1 BMA (74)	0
47 UD	12 UD	18 UD	17 UD	
<b>Niveau 5 : Évaluer</b> Porter un jugement sur la base de critères ou de normes	APPRÉCIER 36	26 AGA (27-29-30-32-35-37-41-52-56-66-72-78-82), CGU (9-10-11-12-21), CWI (40), JME (43), LRA (1-2-3-4), VMI (5-6)	7 BBU (17), BMA (18-20), ELE (14-61), VBO (70-76)	3 CH1 (34-42), CH2 (71)
	ARGUMENTER 6	5 AGA (54), JME (47-51-53), LRA (67)	1 BBU (17)	0
	42 UD	31 UD	8 UD	3 UD
<b>Nombre d'UD</b>	<b>199<sup>20</sup></b>	<b>124</b>	<b>49</b>	<b>26</b>

Le tableau 4 montre que la plupart des OD font l'objet d'une coélaboration par plus d'une catégorie d'acteurs-rices. La prise en charge par les acteurs-rices pour l'élaboration des OD varie selon les OD : 6 OD (2-4-5-8-9-13) font l'objet d'une coélaboration uniquement par les enseignant·es, 6 OD (1-3-6-7-12-14) font l'objet d'une coélaboration par les enseignant·es et les ingénieur·es et 3 OD (10-11-15) font l'objet d'une coélaboration par les trois catégories d'acteurs-rices au travers d'un nombre d'énonciations relativement élevé (au moins une quinzaine d'UD).

20. Rappelons qu'une même UD relative à un OD peut être énoncée par plusieurs tâches épistémiques, ce qui explique le nombre important d'UD.



Tableau 4 : Caractérisation des objets de discours selon le genre de discours et leur prise en charge par les acteurs·rices

Objets de discours (OD)	Prise en charge	Genres de discours		
		Genre premier	Genre hybride	Genre second
OD1-Définition du cahier des charges	ENS / ING	AGA (64) BMA (15*)	AGA (26*-37), CGU (8*), JME (36) ELE (63)	
OD2-Identification du matériel à disposition dans la conception d'un prototype	ENS	AGA (27), VMI (5)	AGA (28*)	
OD3-Prise en compte du cahier des charges dans la conception d'un prototype	ENS / ING	CGU (21) BMA (22)	AGA (35)	ELE (23)
OD4-Priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype	ENS	AGA (44-46-48), JME (43*-45-47)	AGA (52)	JME (53)
OD5-Modalités d'organisation du travail lors de la conception d'un prototype	ENS	JME (51), LRA (49*)	AGA (50)	
OD6-Utilisation du matériel et des outils dans la réalisation d'un prototype	ENS / ING	LRA (2), VMI (6)		BMA (18*)
OD7-Compréhension du fonctionnement d'un système ou de grandeurs physiques dans la réalisation d'un prototype	ENS / ING	VMI (7) VBO (76)		AGA (72*)
OD8-Défis liés à l'articulation conception-réalisation	ENS	CGU (10)		
OD9-Appports de l'ingénieur·e en classe pour l'expérimentation et l'évaluation des prototypes	ENS	LRA (3)		CGU (11)
OD10-Evaluation régulatrice au sein d'un PCT	ENS / ING / CH	AGA (33-39-66), CWI (38-40) ELE (65) CH1 (34-42)	AGA (41)	AGA (82), JME (55)
OD11-Modélisation comme activité intégrée au PCT	ENS / ING / CH	CGU (59)	LRA (1*-67), CGU (9*) CH1 (13)	AGA (29-30*-31) BMA (20) CH1 (24*-58*-60)
OD12-Production d'une solution technique optimale	ENS / ING	CGU (19*), JME (57)	AGA (56)	BBU (75)
OD13-Communication sur le PCT	ENS	AGA (32*), CGU (12*)		
OD14-Dimension itérative d'un PCT	ENS / ING	AGA (62), LRA (69)	LRA (4*) VBO (70)	BBU (17), BMA (16), ELE (14-61-68)
OD15-Spécificité des tâches ou des modes de pensée (créative, réflexive ou technique) en jeu dans un PCT	ENS / ING / CH		AGA (78*) CH2 (71-73)	AGA (25*-54-80) BMA (74) CH1 (77-79-81)
<b>Nombre d'UD Total : 82</b>		<b>35 ENS : 29 / ING : 4 CH : 2</b>	<b>20 ENS : 15 / ING : 2 CH : 3</b>	<b>27 ENS : 11 / ING : 10 CH : 6</b>

Légende : unité discursive (UD) ; énonciation faisant l'objet d'une formulation première (\*)

Sur le plan langagier, on remarque que l'expression des OD se fait dans une large part selon les genres hybride et second (47/82 UD), ce qui témoigne de la capacité des acteurs·rices à recourir à des concepts scientifiques/didactiques du monde spécialisé ou des concepts dits intermédiaires pour produire le récit de leurs expériences vécues. Ce sont essentiellement les enseignant·es qui recourent la plupart du temps au genre premier pour formuler leurs OD (29/82 UD), malgré le fait qu'une large part de leurs énonciations se caractérise par les genres hybride (15/82 UD) et second (11/82 UD). En effet, nous avons identifié chez 3 enseignant·es (AGA, CGU, LRA)



quelques formulations premières dans les genres hybride et second pour 6 OD (1-2-7-11-14-15). À titre d'exemple, l'enseignante LRA adopte le genre hybride pour expliciter, selon une formulation première de l'OD11, sa leçon de démarrage sur le dessin afin d'outiller les élèves à se représenter les véhicules à propulsion miniaturisés qu'ils et elles souhaitent concevoir. En effet, elle fait appel aux notions de « prototype » et de « matériaux recyclés » dans le langage spécialisé, mais à celles de « dessin » et de « consigne » dans le langage scolaire ordinaire, en référence au « schéma de principe ou de conception », respectivement de « fonction globale ou technique » et de « contrainte de réalisation ».

Donc, nous on est parti sur les véhicules en **matériaux recyclés**. La leçon de démarrage, c'était imaginer comment est-ce qu'on pourrait construire chacun un véhicule. Et en fait, on a pris cette leçon sur le dessin [en référence au schéma de principe ou de conception] pour qu'ils dessinent chacun le **prototype** de la voiture qu'ils vont construire. Donc, il y avait deux consignes [en référence à une fonction globale ou technique et à une contrainte de réalisation] : « il faut qu'elle roule toute seule, enfin toute seule qu'elle roule ». Mais, l'idée ce n'était pas qu'elle soit sur une rampe de lancement. Et puis, la deuxième chose, c'est qu'« il faut qu'elle soit faite avec des **matériaux recyclés** ». (LRA, UD1, OD11)

Quant à l'enseignant AGA, il adopte le genre second pour expliciter, selon une formulation première de l'OD15, la nécessité de distinguer sur le plan épistémologique, l'activité de conception de celle du bricolage :

Alors pour moi le plus important avec les grands, c'était qu'ils prennent conscience qu'on était dans la **démarche de conception** d'un véhicule, pas dans simplement faire un bricolage comme d'habitude. Donc, j'ai mis ça au tableau : **démarche de conception d'un véhicule**. Et puis, il y a le mot **conception** sur lequel on s'est focalisé. Et puis, on a mis là autour tout une activité pour comprendre ce qui allait se passer dans cette activité-là avec comme motivation un vrai but de se prendre pour un petit ingénieur pour **faire de la conception** et puis pas seulement dire on va bricoler un petit peu. (AGA, UD25, OD15).

Il apparait que les enjeux relatifs à la préservation de l'authenticité d'un PCT (« modes d'agir-parler-penser » spécifiques de l'ingénieur·e) dans la troisième séance (30.01.2019) de la CDPP ont été réinvestis en classe, et qu'ils ont contribué à développer chez AGA un savoir de métier permettant de faire endosser aux élèves la posture d'un·e petit·e ingénieur·e. Notre analyse nous a permis de relever des « déplacements cognitifs et énonciatifs » (Jaubert, 2007 ; Jaubert & Rebière, 2020) lors de la mise en œuvre débat d'expert·es. En effet, plusieurs reformulations (paraphrastiques ou non paraphrastiques) relatives à 10 OD (1-2-3-4-5-9-10-11-12-15) mettent en jeu des reformulations associées à de tels déplacements chez 4 enseignant·es (AGA, CGU, JME, LRA) à la suite de la confrontation de PDV avec des chercheurs ou des ingénieur·es. Quant aux chercheurs (6/82 UD) et aux ingénieur·es (10/82 UD), leurs énonciations se font essentiellement dans le genre second. Ces résultats mettent en avant le rôle que peut jouer le débat d'expert·es dans



la secondarisation des discours des enseignant·es sur le PCT. Nous exemplifierons plus loin ce constat observation avec des extraits de séquences discursives.

Le tableau 5 montre que les modes de reformulation adoptés par les acteurs·rices pour l'expression des OD sont essentiellement de type « formulation première » ou « reformulation ascendante ». Les enseignant·es sont de loin ceux et celles qui contribuent à l'enrichissement des OD par des reformulations ascendantes (25/82 UD) ou à l'introduction de nouvelles idées sur les OD par des formulations premières (17/82 UD). Quant aux ingénieur·es, leurs énonciations se caractérisent essentiellement par des reformulations ascendantes. Le débat d'expert·es contribuerait ainsi à l'enrichissement des PDV des acteurs·rices, en particulier celui des enseignant·es, sur le PCT.

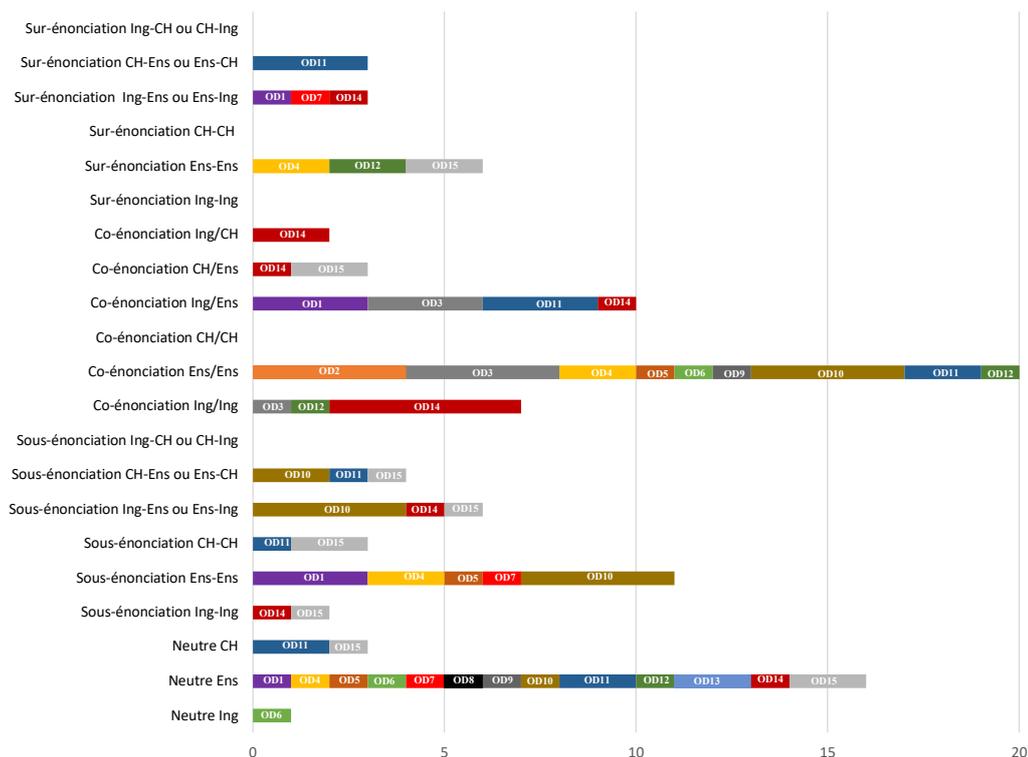
Tableau 5 : Modes de reformulation adoptés par les acteurs·rices pour l'expression des objets de discours

Objets de discours (OD)	Formulation première			Reformulation paraphrastique			Reformulation ascendante			Reformulation descendante		
	ENS	ING	CH	ENS	ING	CH	ENS	ING	CH	ENS	ING	CH
OD1-Définition du cahier des charges	CGU (8) AGA (26)	BMA (15)		AGA (64)			JME (36) AGA (37)	ELE (63)				
OD2-Identification du matériel à disposition dans la conception d'un prototype	AGA (28)			AGA (27)			VMI (5)					
OD3-Prise en compte du cahier des charges dans la conception d'un prototype				AGA (35)			CGU (21) AGA (66)	ELE (23)			BMA (22)	
OD4-Priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype	JME (43)			AGA (44-48) JME (47)			JME (45-53) AGA (46-52)					
OD5-Modalités d'organisation du travail lors de la conception d'un prototype	LRA (49)						AGA (50) JME (51)					
OD6-Utilisation du matériel et des outils dans la réalisation d'un prototype	LRA (2)				BMA (18)		VMI (6)					
OD7-Compréhension du fonctionnement d'un système ou de grandeurs physiques dans la réalisation d'un prototype	AGA (72)							VBO (76)			VMI (7)	
OD8-Défis liés à l'articulation conception-réalisation							CGU (10)	VBO (70)				
OD9-Apports de l'ingénieur·e en classe pour l'expérimentation et l'évaluation des prototypes	LRA (3)			CGU (11)								



OD10-Evaluation régulatrice au sein d'un PCT	AGA (33)			CWI (40) AGA (76)			CWI (38) AGA (39-41-66)	ELE (65)		JME (55)		CH1 (42)
OD11-Modélisation comme activité intégrée au PCT	LRA (1)		CH1 (24-58)		BMA (20)		CGU (9) AGA (29-30) LRA (67)		CH1 (13)	AGA (31) CGU (59)		CH1 (60)
OD12-Production d'une solution technique optimale	CGU (19)			JME (57)			AGA (56)	BBU (75)				
OD13-Communication sur le PCT	CGU (12) AGA (32)											
OD14-Dimension itérative d'un PCT	LRA (4-69)						AGA (62)	ELE (14-61-68) BMA (16) BBU (17) VBO (70)				
OD15-Spécificité des tâches ou des modes de pensée (créative, réflexive ou technique) en jeu dans un PCT	AGA (25-78)		CH2 (71) CH1 (77)			CH2 (73) CH1 (81)	AGA (64-80)	BMA (74)	CH1 (79)			
<b>Nombre d'UD Totale : 82</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

La figure 2 (page 264) présente les postures énonciatives que prennent les acteurs·rices pour exprimer leurs OD lors du débat d'expert·es. Nous observons qu'en général les OD sont exprimés au travers d'une multiplicité de postures. Les postures de co-énonciation, de sous-énonciation ou encore la posture neutre (notamment entre les enseignant·es) sont celles les plus fréquemment adoptées pour la coformulation des OD. La posture de co-énonciation entre les enseignant·es ou entre les enseignant·es et les ingénieur·e adoptée pour un nombre relativement élevé d'OD témoigne de la volonté de ces acteurs·rices à construire des PDV partagés sur le PCT. Si l'adoption de la posture de sur-énonciation reste marginale par rapport aux autres, elle s'avère toutefois importante pour faire progresser la valeur épistémique (l'enrichissement des objets de discours) du débat comme nous le verrons plus loin.



Fréquence des unités discursives selon les différents objets de discours

Figure 2 : Postures énonciatives adoptées par les acteurs·rices pour l'expression des objets de discours.

La figure 3 (page 228) présente la schématisation de la secondarisation des discours sur le PCT selon l'avancée du débat d'expert·es (chronogénèse) et le partage des responsabilités (topogénèse). La chronogénèse est perceptible par la progression chronologique de la numérotation des UD alors que la topogénèse est perceptible par les acronymes attribués aux acteurs·rices (enseignant·es en caractère normal, ingénieur·es en caractère italique et chercheurs en caractère gras). Par exemple, dans ce schéma, AGA44 signifie que l'enseignant AGA produit une énonciation en 44<sup>e</sup> position en lien avec l'OD4 portant sur la priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype. Pour rappel, les modes de reformulation des UD sont représentés respectivement par : un astérisque (\*) pour la formulation première, un **trait pointillé en bleu** pour la reformulation paraphrastique, une **flèche en vert** pour la reformulation ascendante et une **flèche pointillée en rouge** pour la reformulation descendante. En combinant ces modes de reformulation avec les genres de discours, nous obtenons 4 configurations de relations logiques entre les OD. À titre illustratif, nous présentons ci-dessous des exemples de séquences discursives pour chacune de ces configurations.

### Configuration 1 : Relation nulle impliquant la conservation de l'OD et du genre de discours

Par exemple, en lien avec l'OD4 (La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype), JME43\* produit une énonciation dans



le genre premier et selon le mode «formulation première» qui se réfère à une comparaison entre les garçons et les filles sur l'importance relative à la décoration des véhicules dans la phase de conception, tout en interpellant son collègue AGA44 à ce propos : «C'était assez intéressant justement dans la classe d'AGA. On a quand même vu bien la différence entre garçons et filles. Les filles, elles sont tout de suite parties dans leur idée de leur véhicule : il faut mettre de la peinture, il faut le décorer tandis que les garçons ils n'en avaient rien à faire de ça au départ. Peut-être qu'à la fin ils ont quand même fait ?». En réponse à JME43\*, AGA44 produit une énonciation, toujours dans le genre premier, mais selon le mode «reformulation paraphrastique» pour confirmer que les garçons accordent autant d'importance que les filles à cet aspect esthétique. On notera symboliquement cette séquence discursive comme suit : JME43\*→AGA44 au sein de l'OD4.

### **Configuration 2 : Relation horizontale impliquant un changement de l'OD, mais une conservation du genre de discours**

Par exemple, en lien avec l'OD6 (L'utilisation du matériel et des outils dans la réalisation d'un prototype), LRA2 produit une énonciation dans le genre premier qui se réfère aux difficultés des élèves associées à l'utilisation du matériel non pertinent mis à leur disposition en raison d'un manque de planification de sa part. En réponse à LRA2, CGU10 situe la problématique de l'utilisation du matériel à disposition dans sa classe en tant que défi lié à l'articulation conception-réalisation (OD8). Elle enrichit ainsi le PDV de LRA2, par une «reformulation ascendante», tout en maintenant son énonciation dans le genre premier : «bien, ils avaient le projet, ils avaient le dessin et tout ça, mais de comment on fait ça en réalité c'était vraiment très très difficile.». On notera symboliquement cette séquence discursive comme suit : LRA2→CGU10 de l'OD6 à l'OD8.

### **Configuration 3 : Relation verticale impliquant une conservation de l'OD, mais un changement du genre de discours**

Par exemple, en lien avec l'OD4 (La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype), JME45 produit une énonciation dans le genre premier qui se réfère à l'importance pour les filles de prendre en compte l'aspect esthétique dès le début de la conception : «Mais au début, pour les filles, il fallait d'abord l'esthétique. C'était important». En réponse à JME45, AGA52 produit une énonciation dans le genre hybride selon le mode «reformulation ascendante» en enrichissant son PDV par l'ajout d'une idée concernant la prise en compte de l'aérodynamisme lors des ateliers de modélisation : «Et puis, mais ça ne dérangeait pas qu'elles fassent l'esthétique et tout ça parce qu'un des points c'était l'**aérodynamique**. Et puis, elles ont fait des trucs bien arrondis. Elles ont, dans les **ateliers de modélisation**, y'avait ce point-là [en référence à une contrainte de réalisation du cahier des charges] qui était important, donc c'est aussi dans le tir». On notera symboliquement cette séquence discursive comme suit : JME45→AGA52 au sein de l'OD4.

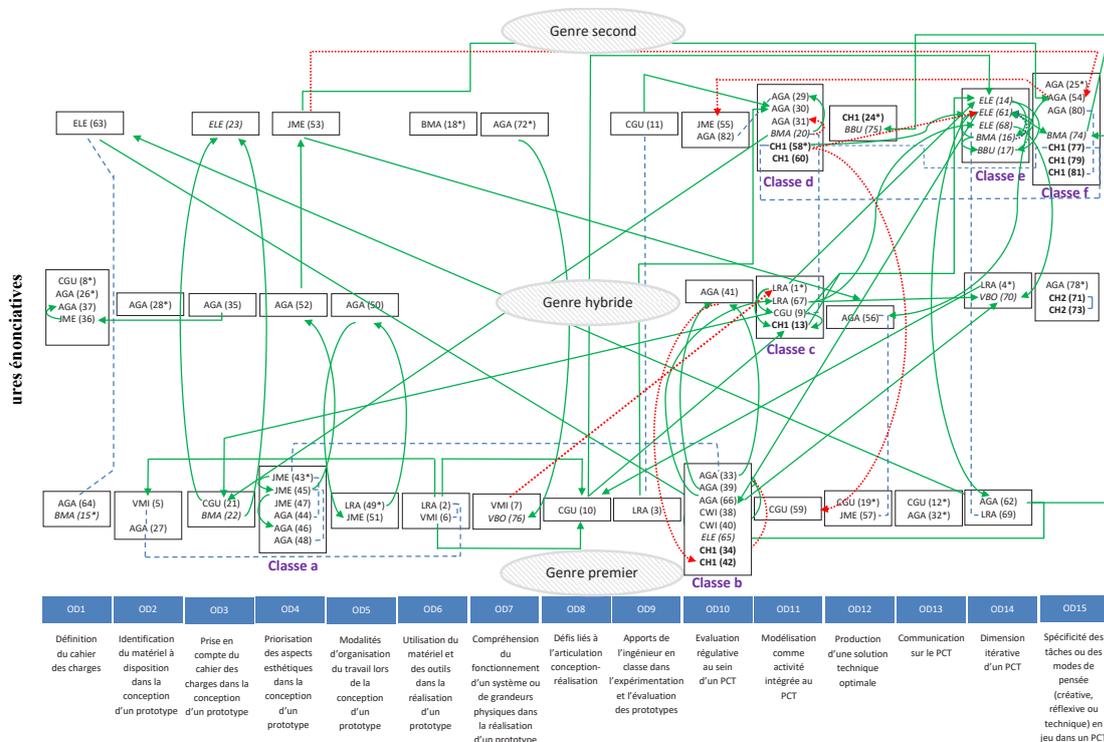


### Configuration 4: Relation oblique impliquant à la fois un changement de l'OD et du genre de discours

Par exemple, en lien avec l'OD14 (La dimension itérative du PCT), AGA62 produit une énonciation dans le genre premier qui se réfère à la reprise des défis énoncés initialement par la classe pour l'évaluation de leurs prototypes : «Alors le lien s'est effectué quand on a posé les défis. C'était ce qui liait les deux choses, donc il fallait que la voiture remplisse ces défis, les défis ont été posés par rapport à ces idées où on a fait des classements avec les étiquettes et c'était ça qui faisait». En réponse à AGA62, ELE63 produit une énonciation dans le genre second selon le mode «reformulation ascendante» en attribuant au concept scolaire de «défi» le concept spécialisé de «cahier des charges» : «Donc vous avez défini finalement les défis [en référence au cahier des charges]. Pour nous, c'est un cahier des charges et à la fin vous aviez la voiture et vous avez fait le lien par rapport aux défis». On notera symboliquement cette séquence discursive comme suit : AGA62 → ELE63 de l'OD14 à l'OD1.

La figure 3 est relativement complexe à interpréter, car elle représente la dynamique des relations entre les énonciations (82 UD) produites par les acteurs·rices lors du débat d'expert·es. Sans entrer dans une analyse fine, cette figure nous permet de formuler les constats suivants.

Figure 3 : Schématisation de la secondarisation des discours sur le PCT selon l'avancée du débat d'expert·es et le partage des responsabilités





Les énonciations produites par les acteurs·rices portent la plupart du temps la trace d'autres acteurs·rices. Dans certains cas, nous observons une très forte concentration de traits et de flèches entrantes ou sortantes associés certaines «classes d'énonciations» (boîtes) réunissant des UD d'un même OD et formulés selon une même forme langagière. En effet, nous observons deux classes d'énonciations à densité discursive élevée dans le genre premier en lien avec les OD4 et 10 (**classes a et b**), une classe d'énonciations à densité discursive élevée dans le genre hybride en lien avec l'OD11 (**classe c**) et trois classes d'énonciations à densité discursive élevée dans le genre second en lien avec les OD11, 14 et 15 (**classes d, e et f**) (cf. figure 3).

Si la construction du micro-univers discursif sur le PCT implique des relations nulles, horizontales, verticales et obliques entre les OD, les OD s'élaborent essentiellement par des reformulations ascendantes au sein d'un même OD ou entre les OD avec une fréquence relativement plus élevée de flèches verticales et obliques orientées dans le sens d'une évolution langagière (du genre premier aux genres hybride ou second / du genre hybride au genre second). De manière générale, on observe que les classes d'énonciations ancrées dans les genres hybride et second sont associées en grande partie à des flèches verticales ou horizontales entrantes, ce qui montre que l'élaboration du micro-univers discursif s'accompagne d'un processus de secondarisation des discours.

Dans les extraits qui suivent, nous illustrons comment s'opère la secondarisation des discours sur le PCT par des séquences discursives mettant jeu des UD ou des classes d'énonciations à densité discursive élevée et impliquant des «déplacements cognitifs et énonciatifs» (Jaubert, 2007 ; Jaubert & Rebière, 2020) chez les enseignant·es. Nous reprenons les postures énonciatives et les tâches épistémiques afin de donner sens à ces séquences.

L'enseignante LRA, en lien avec l'OD9, adopte une posture neutre pour décrire et apprécier les apports d'un ingénieur en classe dans la phase d'évaluation des prototypes.

Et puis, à la suite de ça, on a fait des affiches avec «**qu'est-ce qui fonctionne bien, qu'est-ce qui ne fonctionne pas bien ?**» et puis là on a eu la visite d'un ingénieur. Alors ça, j'ai trouvé hyper riche parce que ça a complètement redonné de l'impulsion aux élèves qui pensaient eux : «ouais en fait on s'arrête là, ça joue pas mal là». Mais il y en a qui glissaient, clairement ils ne roulaient pas, mais disons que quand ils les poussaient fort, ça allait assez loin. Et puis, avec les 6<sup>H</sup>, l'ingénieur a vraiment pris le temps d'**analyser chaque véhicule** et puis de **réfléchir ensemble de pourquoi ça fonctionne et pourquoi ça ne fonctionne pas**. (LRA, UD3, OD9)

CGU, BMA et ELE adoptent une posture de co-énonciation pour coformuler l'OD3 à partir de l'OD11 où la prise en compte du cahier des charges dans la conception d'un prototype s'avère un enjeu important. L'ingénieur BMA apprécie le fait que les enseignant·es utilisent le diagramme d'analyse fonc-

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



tionnelle interne FAST «*Functional Analysis System Technique*»<sup>21</sup>, non seulement comme moyen de développer des solutions techniques pour des fonctions techniques spécifiques, mais aussi comme moyen de les valider.

J'ai bien aimé aussi d'un côté on va chercher les **fonctions** et puis après finalement on laisse aller la créativité [En référence au diagramme d'analyse fonctionnelle interne FAST dans la conception]. Et puis, on a ce camping-car qui arrive avec plein de choses dedans et puis on pourrait là faire un retour vers les **fonctions** : mais finalement ta cuisinière ici dans le camping-car, qu'est-ce qu'elle t'amène par rapport à la **fonction** «aller tout droit»? (*BMA*, UD20, OD11)

L'enseignante CGU s'appuie sur les propos de *BMA* pour décrire et apprécier la conception du prototype par les élèves. Elle cite une question posée aux élèves les invitant à analyser de manière critique si un élément de la solution technique produite (les petits bonhommes) permet de satisfaire l'objectif, en relation avec les fonctions techniques liées à la direction et à la vitesse du véhicule :

Et après dans la **conception**, ils se sont très très souvent complètement éloignés de l'**objectif** [en référence à une fonction globale ou technique] et puis ce qu'ils voulaient c'était faire des décorations, faire des petits bonhommes. Je devais à chaque fois leur rappeler : «oui, mais c'est quoi l'**objectif**? Est-ce que de faire un bonhomme ça va **améliorer la direction et la vitesse du véhicule**?» (CGU, UD21, OD3)

*BMA*, en partageant le PDV de CGU, en déduit que «pour eux c'est important qu'il y ait un bonhomme dans le véhicule» (*BMA*, UD22, OD11). À son tour, l'ingénieure *ELE*, en partageant le PDV de *BMA* met en relation cet enjeu observé dans la classe avec celui qui se pose également dans le monde professionnel :

Mais dans l'ingénierie aussi, c'est-à-dire que l'ingénieur a tendance à se faire plaisir dans sa **conception** et pas forcément regarder l'**usage final** et la **fonction principale**. Non, mais c'est une réalité. (*ELE*, UD23, OD3)

Dans cette séquence discursive, les UD 20, 21, 22 et 23 font successivement l'objet de reformulations ascendantes et prennent les configurations suivantes : une relation oblique *BMA20*→*CGU21* de l'OD11 à l'OD3 avec un déplacement énonciatif du genre second à un genre hybride et des relations verticales *CGU21*&*BMA22*→*ELE23* au sein de l'OD3 avec un déplacement énonciatif du genre hybride au genre second.

Des postures de sous-énonciation et de sur-énonciation sont adoptées respectivement par *ELE* et *AGA* pour coformuler l'OD1 à partir de l'OD14. *ELE* apprécie le PCT réalisé par une équipe d'enseignant·es. Tout en définissant le PCT de type «cycle en V» qui est utilisé dans le monde professionnel des ingénieur·es, elle le met en relation avec celui utilisé par les enseignant·es. Puis, elle questionne les enseignant·es sur la phase de vérification articulant celles de conception et de réalisation dans ce processus.

Oui, enfin moi j'ai trouvé très très intéressante votre approche, notamment parce que quand on fait de l'ingénierie et du **développement de produit** surtout, on développe un «**cycle en V**». Je ne sais pas si ça vous parle le



développement avec toute une **phase de conception, de définition dans le cahier des charges, de réalisation sur une branche de V**, et puis toute une **phase de vérification, c'est l'autre branche du V**. Et puis, la **vérification**, en général, on la fait en face d'une **expression de conception**. Et puis, vous avez au départ fait un **brainstorming** dans lequel vous avez, par thématique, mis des étiquettes [en référence au remue-méninges] etc. Et à l'arrivée y'a une voiture, enfin plusieurs voitures qui ont été créées. Ma question c'était: est-ce que vous avez fait le lien entre les idées de départ que vous avez structurées et la voiture finale? Donc la vérification finalement entre le **cahier des charges initial** et la **réalisation** de la voiture? (*ELE*, UD61, OD14)

AGA adopte une posture de sous-énonciation par rapport à *ELE* pour interpréter cette phase de vérification dans sa pratique de classe au moyen de la notion de « défi » relevant du langage scolaire ordinaire.

Alors le lien s'est effectué quand on a posé les défis [en référence au cahier des charges]. C'était ce qui liait les deux choses, donc il fallait que la voiture remplisse ces défis, les défis ont été posés par rapport à ces idées où on a fait des classements avec les étiquettes [en référence au remue-méninges] et c'était ça qui faisait. (*AGA*, UD62, OD14)

Dès lors, *ELE* prend une posture de sur-énonciation pour désigner cette notion sous le vocable de « cahier des charges » dans le langage spécialisé.

Donc vous avez défini finalement les défis. Pour nous, c'est un **cahier des charges** et à la fin vous aviez la voiture et vous avez fait le lien par rapport aux défis. (*ELE*, UD63, OD1)

Dans cette séquence discursive, des reformulations successivement ascendantes sont établies entre les UD 61, 62 et 63 selon les configurations suivantes: une relation verticale  $ELE61 \rightarrow AGA62$  au sein de l'OD14 avec un déplacement énonciatif du genre second au genre premier, une relation oblique  $AGA62 \rightarrow ELE63$  de l'OD14 vers l'OD1 avec un déplacement énonciatif du genre premier au genre second et une relation horizontale  $ELE61 \rightarrow ELE63$  de l'OD14 vers l'OD1 dans le genre second.

Des postures de sur-énonciation, de co-énonciation et de sous-énonciation sont adoptées par les ingénieur·es *ELE* et *VBO* pour coformuler l'OD14 à partir de l'OD11. LRA décrit et se questionne sur la manière dont l'articulation conception-réalisation a été faite dans sa classe, qu'elle différencie par rapport à son collègue AGA :

Moi, je n'ai pas du tout fait ça. J'ai fait par palier, c'est-à-dire quand on a fait le projet, le premier projet en dessin [en référence au schéma de principe ou de conception], une fois qu'on a commencé la **réalisation**, on est reparti du projet en dessin [en référence au schéma de principe ou de conception]. Après, quand on a fait la première **réalisation**, au moment où on a fait les constats de ce qui n'allait pas et qu'on a commencé la deuxième, on est reparti de la **réalisation**, mais jamais depuis le projet parce qu'il était non réalisable dans la plupart des cas. Donc, en fait se redire



à chaque fois ouais mon véhicule il n'avait pas marché, je crois que ça ils avaient compris. Mais, c'est vrai que peut-être depuis la première **réalisation** jusqu'à la troisième, j'aurais peut-être pu revenir en arrière sur la première **réalisation**. Mais en même temps, c'est ce qu'on a fait quand vous étiez venu dans la classe en analysant chaque **prototype**. Ils sont repartis avec de nouvelles bases et ils les ont améliorés. Je ne sais pas s'il y a un intérêt en fait une fois que ça marche de reprendre, de reconstater en fait que... (LRA, UD67, OD11)

*ELE* prend une posture de sur-énonciation pour expliquer que la conceptualisation est également itérative.

Non, en fait au départ toute la partie **conceptualisation** est **itérative** [dans un PCT de type «cycle en V»]. Donc effectivement y'a toutes ces étapes les trois premières étapes que vous avez vécues par exemple ou x étapes, laisser un **cahier des charges** quelque part figé et réalisable et ensuite vous avez votre véhicule et vous vérifiez que votre véhicule correspond à votre **cahier des charges** figé. (*ELE*, UD68, OD14)

En répondant par «Ah ouais!», LRA69 prend une posture de co-énonciation pour reconnaître la dimension itérative de la conceptualisation. Puis, VBO adopte une posture de sous-énonciation par rapport à *ELE* pour lui faire entendre son PDV à l'égard de ce qu'elle explique. En mettant en relation l'application du «cycle en V» dans le monde professionnel, il argumente que cela pose des défis importants dans le contexte de la classe :

En fait, ce qui est rigolo sur le **cycle en V**, c'est qu'il est très utile quand on a un contrat avec quelqu'un, qu'on doit délivrer quelque chose. Cependant, dans un processus d'apprentissage, au premier bond, c'est difficile de faire le **cycle en V** sur quelque chose qu'on n'a pas encore fait, sur une chose sur laquelle on n'a pas d'expérience. (VBO, UD70, OD14)

Cette séquence discursive se fait selon les configurations suivantes: une relation oblique LRA67→*ELE*68 de l'OD11 à l'OD14 avec un déplacement énonciatif du genre hybride au genre second, puis une relation verticale *ELE*68→LRA69 avec un déplacement énonciatif du genre hybride au genre premier et une relation verticale *ELE*68→VBO70 avec un déplacement énonciatif du genre second au genre hybride au sein de l'OD14. Les reformulations entre les UD sont ascendantes sauf pour celle entre les UD 68 et 69 qui est paraphrastique.

Des postures de sous-énonciation et de co-énonciation sont adoptées respectivement par *BMA* et *BBU* pour coformuler l'OD12 à partir de l'OD15. *BMA* prend une posture de sous-énonciation par rapport à *AGA* afin d'interpréter l'articulation conception-réalisation en tant qu'articulation entre la pensée créative, mobilisée lors du remue-méninges, et la pensée réflexive mobilisée lors de l'évaluation des idées au moyen de critères; cette dernière implique une confrontation des idées au monde réel. Il explique que c'est le fait de tenir un équilibre entre ces modes de pensée qui permet d'assurer la fonctionnalité de l'objet technique. Ainsi, il met en relation la situation de classe exprimée par les enseignant·es avec les pratiques sociales des



ingénieur·es. Sur le fond, *BMA* explique et se questionne à savoir si l'ingénierie ne tue pas en quelque sorte la créativité par rapport à l'architecture et sollicite ses deux collègues ingénieurs à compléter/enrichir son PDV.

Je me posais une question que je me posais avant quand vous parliez. On est parti des tout petits aux tout grands et je me disais que les sciences et la technique tuent la créativité parce que, je m'explique : par rapport aux petits, on a ces idées qui sortent, ces idées qu'on peut classer dans l'imaginaire, dans la réalité et puis on les laisse finalement créer. Alors que dès qu'on commence à comprendre la physique on se dit : mais de toute façon cette solution-là, il faut la balayer. Et puis, chez nous on essaie dans la phase, ce qu'on appelle le **brainstorming**, donc la première phase où vous sortez les idées, vous les mettez sur les petits billets, une idée sur un billet, on essaie de dire à ce moment-là : on oublie la physique, on oublie ce qui est faisable et ce qui n'est pas faisable et on sort toutes les idées qu'on a pour ressortir la créativité. Mais après finalement quand on évalue ces idées-là, alors vous parlerez de ça mieux que moi parce que vous faites vraiment de la **conception**, on doit quand même avoir des critères et on revient dans le monde réel. Mais j'ai l'impression que la formation d'ingénieurs, on doit dire que ce sont des gens créatifs, mais on tue un petit peu la créativité ce que ne font pas nos amis architectes par exemple qui eux sont beaucoup moins sur le **fonctionnel** et beaucoup plus sur le créatif. Donc, il y a un peu cet équilibre à faire entre créativité et que ça va fonctionner. Peut-être *VBO* ou *BBU* vous pouvez compléter ? (*BMA*, UD74, OD15)

Dès lors, *BBU* prend une posture de co-énonciation par rapport à *BMA* en expliquant que cette articulation implique concrètement le choix de la « solution la plus sûre » plutôt que la « solution la plus innovante » :

On a aussi souvent un problème de temps (rire général). C'est pour ça qu'on choisit peut-être la **solution plus sûre** plutôt que la **solution la plus innovante**. Même dans l'industrie c'est le cas. (*BBU*, UD75, OD12)

Ainsi, des reformulations successivement ascendantes sont établies entre les UD 62, 74 et 75 selon les configurations suivantes : une relation oblique *AGA62*→*BMA74*, de l'OD14 vers l'OD15 avec un déplacement énonciatif du genre premier au genre second et une relation horizontale *BMA74*→*BBU75*, de l'OD14 vers l'OD12, dans le genre second.

Dans la continuité de cet enjeu d'articulation conception-réalisation, des postures de sur-énonciation et de co-énonciation sont respectivement adoptées par le CH1 et par *ELE* pour coformuler les OD11 et 14. CGU, en lien avec l'OD11, décrit la manière dont elle a recouru au digramme FAST, l'outil de modélisation présenté par les chercheurs et les ingénieurs dans la CDPP, avec ses élèves en classe. Elle exemplifie et cite des fonctions principales et techniques en jeu dans ce processus et se questionne sur la validité de deux fonctions techniques en lien avec la direction et la vitesse des véhicules.

Et puis, on a fait le **diagramme FAST** avec les **fonctions techniques**. Alors ça, ce n'était vraiment pas évident. C'était écrit je crois **fonctions princi-**



**pales** et puis après les **fonctions techniques** et les **solutions techniques**. Alors, bon : **fonctions principales**, on avait trouvé que c'était «rouler tout droit le plus loin possible» et puis après ils avaient plutôt des **solutions techniques**. En fait, c'était difficile pour moi d'expliquer exactement ce que c'est une **fonction technique** sans donner l'exemple et eux ils avaient plutôt : «pour aller tout droit, il faut que les roues soient bien serrées, qu'elles soient bien fixes, qu'elles tournent, mais qu'elles ne ballonnent pas à droite à gauche». Ensuite, ils ont parlé de la **forme aérodynamique**, etc. Mais, après je ne sais pas si c'est juste, on a défini deux **fonctions techniques** finalement : une c'était «diriger le véhicule» et l'autre c'était «faire en sorte que la voiture aille plus vite ou le plus vite possible». Et puis, ils ont aussi fait des dessins [en référence au schéma de principe ou de conception], des **croquis** de leur véhicule. Alors là, le problème, c'est qu'entre ce qu'ils ont envie de faire comme véhicule et la réalité de ce qui est possible avec du **matériel de récupération**. Une élève a fait comme **croquis** un camping-car à deux étages (rires) avec tous les détails de tout ce qu'il y avait dans le camping-car... Alors, voilà ils se sont un peu éloignés de la consigne de départ [en référence à une contrainte de réalisation] qui était avec du **matériel de récupération**. (CGU, UD9, OD11)

Le CH1, réagissant sur cette intervention, mais aussi sur une similaire de LRA au préalable, adopte une posture de sur-énonciation (en identifiant qu'il s'agit d'un défi important chez les élèves en général) par rapport à CGU pour mettre en relation et questionner les situations énoncées par les enseignant·es avec les situations professionnelles des ingénieur·es.

Moi CGU, j'ai envie de poser une question pour faire un écho entre ce que les élèves font dans la classe et le monde des ingénieurs : dans le monde des ingénieurs, est-ce que ça arrive aussi que dans la **schématisation des croquis**, on pense à des possibilités techniques [en référence à des solutions techniques] qui ne peuvent se réaliser ? En fait, c'est un peu leur défi ici au niveau des élèves, qu'est-ce qui se passe dans votre monde avec les jeunes ingénieurs ou les ingénieurs en exercice, lorsqu'on **schématise**, qu'on **modélise** les possibilités techniques [en référence à des solutions techniques] avec les **matériaux** ? Est-ce qu'il y a des problématiques qui arrivent parfois ? (CH1, UD13, OD11)

En prenant une posture de co-énonciation par rapport au CH1, l'ingénieure *ELE*, en lien avec l'OD14, explique que cet enjeu d'articulation conception-réalisation, entre l'expression du concept initial et la réalité finale, est normal en raison de la dimension itérative du PCT. Après avoir défini en partie ce qu'est le PCT, elle apprécie positivement les pratiques de modélisation des enseignant·es en regard de leur utilisation du diagramme *FAST* et les met en relation avec les pratiques sociales des ingénieur·es.

Oui ben c'est itératif [le processus de conception] de toute façon, donc forcément, au départ, on a de la **conception**. Après, entre le **concept initial** et la **réalité finale**, il y a des divergences ça c'est sûr. Cependant, moi j'ai trouvé très intéressante l'utilisation du **diagramme FAST**, parce qu'on



parle de **systèmes** et de **fonctions**. Et on développe de plus en plus ce genre de conceptualisation dans nos métiers, ce qui n'était pas le cas au départ. Mais dans nos formations, ça rentre de plus en plus aussi dans nos formations techniques. (*ELE*, UD14, OD14)

Cette séquence discursive engage des reformulations successivement ascendantes, selon les configurations suivantes : des relations nulles et dans le genre hybride entre les UD 1, 9 et 13 au sein de l'OD11 et une relation oblique CH1-13&CGU9→*ELE14*, de l'OD11 vers l'OD14 avec un déplacement énonciatif du genre hybride vers le genre second.

Enfin, des postures de sous-énonciation sont adoptées par AGA et JME pour coformuler l'OD1 à partir de l'OD3 avec un enjeu de définition du cahier des charges. AGA décrit la liberté, selon le cadre fixé (en référence au cahier des charges), qu'il a laissé à ses élèves dans la conception de leurs prototypes. Il apprécie également la diversité des prototypes réalisés du point de vue des systèmes de propulsion :

J'ai les 7-8H. Je leur ai laissé libre choix de faire le véhicule qu'ils voulaient tant que ça rentrait dans le cadre qu'on s'était fixé [en référence au cahier des charges], mais c'était tous des véhicules qui roulaient quand même, sauf un qui était suspendu et puis qui glissait sur le fil, voilà (*rires des participants*). Après, non ouais c'est pas du tout la même propulsion. J'ai vraiment laissé faire les choses. Cependant, ce qui était intéressant c'était au niveau des systèmes de propulsion, y'en a qui voulaient faire de doubles systèmes, il y'en a qui ont essayé. (AGA, UD35, OD3)

JME prend une posture de sous-énonciation afin de rappeler et de citer l'objectif, en référence à la fonction globale et l'objectif de performance fixé dans le cahier des charges :

Ouais parce qu'il a oublié de préciser l'objectif [en référence à une fonction globale et un objectif de performance] : ils devaient avoir «un véhicule qui se déplace sur une longueur de trois mètres». (JME, UD36, OD1)

AGA, à son tour prend une posture de sous-énonciation afin de reconnaître et d'apprécier ce défi parmi d'autres :

Ouais, c'était un des défis [en référence à l'objectif de performance]. Mais, ce n'était pas le plus important. S'ils démarraient et s'ils faisaient 1 mètre 50 ou 2 mètres. (AGA, UD37, OD3)

Cette séquence discursive engage des reformulations successivement ascendantes, selon les configurations suivantes : une relation horizontale AGA35→JME36 de l'OD3 vers l'OD1 dans le genre hybride et une relation nulle JME36→AGA37 au sein de l'OD1 dans le genre hybride.



## Quels savoirs de métier coconstruits par les enseignant·es dans le débat d'expert·es ?

Les analyses des interactions discursives du débat d'expert·es permettent d'identifier certains savoirs de métier (Brière & Simonet, 2021) ayant fait l'objet d'une coconstruction par les acteurs·rices de la CDPP. En nous focalisant tout particulièrement sur les énonciations produites par les enseignant·es, nous avons identifié :

1. des *savoirs pour réaliser l'activité* tels que des «savoirs à enseigner» et des «savoirs pour enseigner» (Hofstetter & Schneuwly, 2009) formulés par des tâches épistémiques (Ohlsson, 1998) de niveau 1-Mémoriser (citer, décrire et reconnaître) et de niveau 2-Comprendre (comparer, différencier, expliciter et expliquer) ;
2. des *savoirs pour analyser l'activité* formulés par des tâches épistémiques (Ohlsson, 1998) de niveau 4-Analyser (mettre en relation, prioriser, questionner et se questionner) et de niveau 5-Evaluer (apprécier et argumenter).

Le tableau n°6 présente une synthèse des éléments de savoirs de métier émergeant des énonciations produites par les enseignant·es dans le débat d'expert·es. Ces éléments se réfèrent à des savoirs d'ordre méthodologique en lien avec les différentes phases opératoires du PCT (problématisation, modélisation, conception, réalisation et évaluation) ou à des savoirs d'ordre épistémologique sur le PCT appréhendé globalement.

Tableau 6 : Principaux savoirs de métier émergeant du débat d'expert·es

Composantes de savoirs de métier (SM)	Synthèse des éléments de savoirs de métier émergeant des énonciations produites par les enseignant·es
SM sur la problématisation	La définition d'un cahier des charges est le point de départ d'un processus de conception technique (PCT). Par ses spécifications (en particulier ses fonctions et ses contraintes), il constitue un point d'appui pour la conception, la réalisation et l'évaluation d'un prototype tout en laissant place à la créativité et à la diversité dans les solutions proposées par les élèves.
SM sur la modélisation	La modélisation est une activité intégrée au PCT. Elle se déploie à travers l'utilisation de dessins, de croquis ou de schémas. Le schéma d'analyse fonctionnelle interne (schéma FAST : <i>Functional Analysis System Technique</i> ) a fait l'objet d'un enseignement explicite auprès des élèves de plusieurs classes. En tant qu'outil de modélisation didactique, ce schéma soutient la conception, la réalisation et l'évaluation des prototypes dans une perspective itérative. En outre, l'activité de modélisation, en appui sur l'intervention des ingénieurs en classe, a permis de se représenter globalement les sous-systèmes d'un véhicule à propulsion miniaturisé, de comprendre les grandeurs physiques en jeu et d'améliorer des prototypes en modifiant leurs composantes.
SM sur la conception	La conception d'un prototype doit reposer sur un cahier des charges. Il importe d'identifier et de sélectionner le matériel pertinent à disposition pour concevoir un prototype. L'enseignant·e doit accompagner les élèves dans ce processus sans quoi les aspects esthétiques (ex. : éléments de décoration) seront priorités au détriment des aspects techniques (ex. : systèmes de guidage ou de propulsion).
SM sur la réalisation	La réalisation est une phase succédant la conception. Sans une conception réfléchie, elle peut aboutir à une activité de bricolage dont la solution proposée ne répondra pas au cahier des charges initial. La réalisation pose un défi important sur le plan de l'articulation conception-réalisation. Elle confronte les élèves à la faisabilité des solutions, entre ce qui est <i>pensé</i> (la conception) et ce qui être <i>réalisé</i> (la réalisation). Certains choix initiaux en lien avec le matériel et les solutions envisagées pour répondre aux fonctions (globale et techniques) nécessitent d'être remis en cause.



SM sur l'évaluation	L'évaluation des prototypes doit être envisagée dans une perspective régulatrice (et non certificative) au sein d'un PCT. En regard du défi lié à l'articulation conception-réalisation, l'enseignant·e doit accompagner les élèves en les invitant à évaluer leurs prototypes en appui sur des critères ou sur des outils de modélisation, comme le schéma FAST, par exemple. En raison de leur expertise sur les savoirs techniques, les ingénieurs apportent un soutien précieux à l'évaluation des prototypes en classe, sur la base des questionnements des élèves : <i>Qu'est-ce qui fonctionne bien ? Qu'est-ce qui ne fonctionne pas bien ? Pourquoi ça ne fonctionne pas bien ?</i>
SM d'ordre épistémologique sur le PCT	Le PCT est par essence itératif. Sa mise en œuvre n'est pas linéaire. Elle nécessite des allers-retours entre les différentes phases. Le PCT se différencie du processus d'investigation scientifique par la spécificité de ces tâches ou des modes de pensée qu'il mobilise. L'enseignant·e doit donc faire en sorte de la différencier d'une investigation scientifique auprès de ses élèves, et de leur faire prendre conscience qu'il ne se réduit pas à une activité de bricolage. Le PCT est aussi interdisciplinaire en ce sens qu'il intègre des concepts d'autres disciplines, des sciences notamment (comme les concepts de force et d'énergie). La construction par les élèves d'un lexique technique comportant les concepts et outils en jeu dans un PCT au fur et à mesure de leurs expériences vécues peut les aider à approfondir leur compréhension de ce processus.



## Conclusion et discussion

Dans cet article, nous avons développé une méthodologie d'analyse des pratiques langagières en appui sur un cadre théorico-méthodologique de nature comparatiste (Mercier *et al.*, 2002) et articulant une triple approche : interactionniste, historico-culturelle et énonciative. Ce cadre permet 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 entre les acteurs·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. L'analyse des pratiques langagières sous l'angle de la schématisation des objets de discours (OD) et des sujets de discours (SD) (Grize, 1998 ; Miéville, 2014) réalisée sur ce corpus a permis de dégager les principaux résultats suivants.

Les énonciations produites par les acteurs·rices dans le débat d'expert·es sont fortement ancrées dans des pratiques épistémiques d'ingénierie (Cunningham et Kelly, 2017a, 2017b, 2019) sous-jacentes à un PCT, que nous appréhendons comme objet d'enseignement-apprentissage à construire progressivement au sein d'une investigation conjointe (Desgagné & Bednarz, 2005). Ces énonciations portent sur des phases spécifiques du PCT ou font référence au PCT appréhendé dans sa globalité, pour son caractère itératif ou interdisciplinaire.

Les tâches épistémiques (modes de raisonnement) (Ohlsson, 1998) adoptées par les acteurs·rices pour l'expression des OD sur le PCT sont très diversifiées et rendent compte de la double visée du débat d'expert·es : descriptive/compréhensive et réflexive/évaluative. Plus spécifiquement, les énonciations produites par les enseignant·es sur le PCT se caractérisent à la fois par des raisonnements de nature descriptive (citer, décrire et reconnaître) et compréhensive (comparer, différencier, expliciter et expliquer) et des raisonnements de nature réflexive (mettre en relation, prioriser, questionner et se questionner) et évaluative (apprécier et argumenter). De telles énonciations sont porteuses pour la coconstruction d'éléments de savoirs de métier se référant à des *savoirs pour réaliser l'activité* et des *savoirs pour analyser l'activité* (Brière & Simonet, 2021). C'est donc en ce sens que les savoirs de métier constituent des complexes de pratiques (*praxis*) et de langages (*logos*) qui intègrent «fondamentalement la possibilité de langage pour parler la pratique, parler de la pratique, donner ou demander des raisons» (Collectif Didactique pour Enseigner, 2019).

Les modes de raisonnement et les situations de référence (scolaires ou professionnelles) mobilisés par les acteurs·rices pour exprimer les OD sur le PCT varient selon les catégories d'acteurs·rices. Alors que les enseignant·es s'acquittent davantage à expliciter ou porter un regard critique sur leur activité (ou celle de leurs pairs) en se référant à des situations de classe,

---

22. Ce questionnaire 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 (Lebeaume, 2001, p. 129).



les chercheurs didacticiens et les ingénieur·es s'acquittent pour leur part à : définir des concepts en lien avec le PCT, interpréter des situations de classe en s'appuyant sur des outils culturels et sémiotiques (OCS) (Jaubert *et al.*, 2004) ou mettre en relation des situations de classe avec des situations professionnelles de manière à assurer une transposition didactique des pratiques techniques expertes en des pratiques techniques scolairement organisées (Lebeaume, 2001)<sup>22</sup>. Ainsi, les chercheurs didacticiens et les ingénieur·es assument leur responsabilité de «tenir la lanterne» (Ligozat & Marlot, 2016) afin d'apporter des éclairages épistémiques, épistémologiques ou didactiques en s'appuyant sur les OCS introduits dans les phases précédentes de la CDPP (cf. figure 2, volet 1 de cette contribution). Nous pensons que cette contribution différenciée et complémentaire des trois catégories d'acteurs·rices est nécessaire pour faire en sorte que les OD relatifs à l'analyse des situations d'enseignement-apprentissage puissent «se transformer en objets de dialogues, dont une part représente des savoirs de métier» (Brière & Simonet, 2021, p. 52). L'analyse mésoscopique permet de dégager des éléments de savoirs de métier d'ordre méthodologique en lien avec les différentes phases opératoires du PCT (problématisation, modélisation, conception, réalisation et évaluation) et d'ordre épistémologique sur le PCT appréhendé globalement. Ces éléments de savoirs de métier couvrant l'ensemble des phases d'un PCT, nous en déduisons que les enseignant·es disposent d'une certaine maîtrise des OCS transmis ou (co)élaborés dans les différentes phases de mise en œuvre de la CDPP, et que par conséquent ils et elles ont développé leur professionnalité dans ce domaine de connaissance (Lefeuvre *et al.*, 2009).

Dans ce débat d'expert·es, nous observons que les enseignant·es occupent une place prépondérante dans la coélaboration des OD sur le PCT. Ils et elles contribuent à l'expression des 2/3 des unités discursives constitutives des différents OD. Par ailleurs, la plupart des OD font l'objet d'une coélaboration par plus d'une catégorie d'acteurs·rices.

Les modes de reformulation (kerbrart-Orecchioni & Plantin, 1995 ; Martinot, 2015) adoptés par les acteurs·rices pour l'expression des OD se caractérisent essentiellement par des formulations premières faisant émerger un nouveau contenu propositionnel relatif aux OD ou des reformulations ascendantes produisant leur enrichissement. Au fur et à mesure de l'avancée du débat d'expert·es, des liens sont tissés entre les OD afin d'élaborer de nouveaux OD ou d'enrichir leur complexité.

Le genre de discours adopté par les acteurs·rices pour l'expression des OD se caractérise essentiellement par un genre hybride ou second (pour environ les 2/3 des énonciations), ce qui témoigne de leur capacité à entrer dans un régime de description théorisée de l'activité (Sensevy, 2001) dont le langage reconfiguré de l'action s'appuie sur des concepts du monde conceptuel ou professionnel. Si les énonciations des chercheurs didacticiens et des ingénieur·es se font essentiellement dans le genre second, nous constatons

---

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



néanmoins la présence d'une large part des énonciations de genre hybride ou second chez les enseignant·es. Par ailleurs, l'enrichissement du contenu propositionnel d'un OD s'accompagne fréquemment d'une évolution dans la forme langagière d'un genre premier à un genre hybride ou second, ou d'un genre hybride à un genre second, que ce soit au sein d'un même OD (relation verticale entre des UD) ou lors du passage d'un OD à un autre (relation oblique entre des UD). En effet, des «déplacements cognitifs et énonciatifs» (Jaubert & Rebière, 2020) mettant en jeu une pluralité d'OD ont été repérés dans des séquences discursives où il y a confrontation des PDV des enseignant·es avec ceux des ingénieur·es (tout particulièrement) et des chercheurs didacticiens. Ce constat témoigne du potentiel de ce débat pour la secondarisation des discours sur le PCT. En outre, il met en évidence la nature interdiscursive (la construction d'un nouveau PDV sur un OD porte souvent la trace des PDV d'autres acteurs·rices) et délibérative (la confrontation des PDV individuels contribue à l'élaboration des PDV collectifs sur un OD) de l'activité de sémiose (Miéville, 2014).

La secondarisation des discours sur le PCT pourrait s'expliquer par les postures énonciatives (Rabatel, 2012) endossées par les acteurs·rices dans l'expression des OD. En effet, si ce débat est marqué par l'adoption des postures neutre, de sous-énonciation et de co-énonciation chez les enseignant·es dans l'expression de la quasi-totalité des OD sur le PCT, la posture de sur-énonciation adoptée par les chercheurs didacticiens et les ingénieur·es envers les enseignant·es faciliterait la secondarisation des discours sur le PCT. C'est le cas par exemple lorsqu'un chercheur didacticien adopte une posture de sur-énonciation en mobilisant un concept didactique pour interpréter une situation de classe explicitée par un·e enseignant·e dans le «langage naturel de la sémantique de l'action»<sup>23</sup> (Sensevy, 2001). Dans un tel débat d'expert·es, il importe donc d'encourager des modalités d'interaction permettant aux acteurs·rices d'adopter une pluralité de postures énonciatives par rapport aux savoirs en jeu. Cela nous semble nécessaire afin que le processus de problématisation de la pratique (Prével, 2018), en appui sur les OCS (Jaubert *et al.*, 2004), puisse engendrer la reconceptualisation des schèmes d'action (Pastré *et al.*, 2006; Sensevy, 2001; Vergnaud, 2011) des enseignant·es sur l'enseignement-apprentissage du PCT dans une perspective d'ETA. Quant aux savoirs de métier émergeant de ce débat d'expert·es, ils se réfèrent à des savoirs d'ordre méthodologique en lien avec les différentes phases opératoires du PCT (problématisation, modélisation, conception, réalisation et évaluation) ou à des savoirs d'ordre épistémologique sur le PCT appréhendé globalement (par exemple, par son caractère itératif ou interdisciplinaire).

Dans ce débat d'expert·es, le rôle qu'exercent les chercheurs didacticiens et les ingénieur·es dans le processus de réflexivité est central compte tenu du fait que les enseignant·es n'ont pas nécessairement l'habitude dans leur

24. Développée dans le cadre de la clinique de l'activité, cette technique consiste d'abord à filmer des séquences d'activité de travail, puis à les présenter aux travailleur·euses concerné·es et à organiser un débat réflexif au cours du visionnement du film de l'activité.



quotidien d'autoanalyser leur activité sur la base d'outils théoriques mobilisant des savoirs à enseigner et pour enseigner. Il semble que la coanalyse des situations d'enseignement-apprentissage en appui sur des objets bifaces (Ligozat & Marlot, 2016) (objets mettant en écho des concepts didactiques avec des situations de classe ou professionnelles) donne l'opportunité aux enseignant·es de développer une rationalité de leur action, de rendre visible le « savoir caché » dans leur agir professionnel (Morrissette, 2015) et d'imaginer des « contrefactuels » à leur activité, soient d'autres déroulements possibles que l'on peut évoquer par des raisonnements du type « que se passerait-il si ? » ou « si ceci..., alors cela... » (Collectif Didactique pour Enseigner, 2019).

Il n'en demeure pas moins que la méthodologie d'analyse des pratiques langagières que nous avons développée pour caractériser l'activité de sémiotique entre les acteurs·rices sur le PCT présente plusieurs limites, dont au moins les deux suivantes. La première limite est d'ordre spatio-temporelle. La sémiotique est un processus dynamique et inaccessible de manière exhaustive ni pour les sujets ni pour les chercheur·es. Elle se construit progressivement sur l'ensemble des phases de mise en œuvre de la CDPP. Le choix de caractériser l'élaboration d'un micro-univers discursif sur le PCT sur la base d'un corpus langagier issu d'un débat d'expert·es mené sur une période relativement courte questionne déjà la validité de la preuve que nous pouvons apporter. Pour rendre compte de manière plus approfondie de cette activité, une investigation au-delà de la phase de coanalyse des situations d'enseignement-apprentissage qui englobe les phases de cosituation et de coconstruction du problème d'enseignement-apprentissage et de mise en œuvre/à l'épreuve des situations d'enseignement-apprentissage est nécessaire. Lors de la mise en œuvre du débat d'expert·es, l'analyse réflexive s'est focalisée sur l'expérience vécue des enseignant·es sur la base de moments de classe qu'ils et elles jugent opportuns de rendre compte. Selon les enseignant·es, ces moments évoqués peuvent varier considérablement sous l'influence de leur mémoire sélective associée à certaines actions passées et peuvent se concrétiser en des énonciations dont les détails des actions sont particulièrement développés au détriment d'autres actions qui mériteraient d'être mises en lumière au sein du collectif. Selon notre expérience, le recours à un entretien d'autoconfrontation croisée (Clot *et al.*, 2000)<sup>24</sup> basé sur un montage de films de classe issus de l'activité de plusieurs enseignant·es permet de nourrir davantage l'analyse réflexive collective (Marlot & Roy, 2024 ; Roy & Marlot, 2024). L'avantage de l'autoconfrontation croisée réside dans le fait qu'elle permet d'appréhender « l'activité dans toute sa complexité, dans ses diverses modalités de conception et de réalisation par divers travailleurs, dans ses dimensions empêchées aussi bien qu'effectives » (Bronckart, 2009 : 26). La réalisation d'un montage de films de classe par l'équipe de pilotage aurait permis de sélectionner des « événements remarquables » (Leutenegger, 2009) du problème d'enseignement-apprentissage, et de conduire un débat en rendant visibles la pluralité des manières de concrétiser l'enseignement-apprentissage du PCT chez les enseignant·es. À ce propos, Brière et Espinassy (2021, p. 49), en faisant référence au dispositif d'autoconfrontation



croisée, relèvent que «faire dialoguer entre eux les différents acteurs autour des ressemblances et dissemblances des manières de faire leur métier permet, potentiellement, d'ouvrir en chacun une gamme enrichie de possibilités futures». La seconde limite concerne les savoirs de métier qui émergent du collectif, et non pas de chacun·e des enseignant·es. Nous pensons que des analyses de pratiques d'enseignement effectives sont nécessaires pour rendre compte de la manière dont les savoirs de métier vivent dans le système didactique de la classe. En effet, comme le relève Sensevy (2001), si l'on souhaite rendre compte de la transformation des «schèmes d'action» (Vergnaud, 2011) des enseignant·es, il importe de se référer aux situations de classe dans lesquelles ces schèmes ont été produits, et donc d'analyser les relations schèmes-situations. À ce propos, l'observation et l'analyse *in situ* par le·la chercheur·e d'une situation de classe peut renseigner davantage par rapport à l'interprétation qu'un sujet peut en faire dans un tel débat.

Les activités formatives/réflexives se déployant dans les différentes phases de la CDPP (cf. figure 2, volet 1 de cette contribution) sont pensées en vue d'établir des relations dynamiques descendantes et ascendantes entre le monde conceptuel (monde des construits théoriques) et le monde concret (monde des situations scolaires). Du point de vue de la transposition didactique (Chevallard, 1991), si les mouvements descendants donnent lieu à des concrétisations du PCT dans le monde scolaire, des mouvements ascendants peuvent également alimenter l'appareil conceptuel sous-jacent à cet objet d'enseignement-apprentissage dans le monde conceptuel (Aeby Da-gué et Sales Cordeiro, dans ce numéro thématique), en rendant compte par exemple des conditions favorables à l'élaboration d'un milieu de la coopération riche pour la coconstruction de « savoirs de métier » (Brière & Simonet, 2021) dans une recherche participative (Anadón, 2007).

Enfin, tous ces résultats nous conduisent à penser que la CDPP constitue un dispositif de recherche-formation porteur pour le développement de l'agentivité transformative (Arnold & Clarke, 2014; Engeström & Sannino, 2013) des enseignant·es dans le domaine de l'éducation technologique. En effet, l'agentivité transformative «se manifeste lorsque des personnes formulent des intentions et exécutent des actions volontaires qui vont au-delà des habitudes acceptées et des conditions données de l'activité et de l'organisation dans laquelle elles s'inscrivent, pour ensuite les transformer» (Engeström & Sannino, 2013, p. 5). En s'engageant dans cette communauté, leur activité devient à la fois productive (par leur travail, ils et elles transforment le réel) et constructive (par cette transformation du réel, ils et elles se transforment eux·elles-mêmes et transforment leur métier) (Pastré *et al.*, 2006). Comme c'est le cas dans les Laboratoires du changement, les OCS mobilisés dans les différentes phases de mise en œuvre de la CDPP sont des artéfacts externes qui agissent comme moyens médiateurs pour transformer l'activité des acteurs·rices qui y sont engagé·es (Engeström & Sannino, 2013).



### 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

ING: ingénieur

OCS: outil culturel et sémiotique

OD: objet de discours

PCT: processus de conception technique

PDV: point de vue

PEI: pratiques épistémiques d'ingénierie

SD: sujet de discours



## Références

- Anadón, M. (2007). *La Recherche Participative : Multiples Regards*. Presses de l'Université du Québec.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Raths, J., & Wittrock, M. (2001). A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy. In A. F. Artzt & E. Armour-Thomas (Éds.), *Development of a cognitive-metacognitive framework for protocol analysis of mathematical problem solving in small groups*. *Cognition and Instruction* (Vol. 9, p. 137-175). Longman Publishing.
- Arnold, J., & Clarke, D. J. (2014). What is 'agency'? Perspectives in science education research. *International Journal of Science Education*, 36(5), 735-754.
- Bakhtine, M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Gallimard.
- 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*, 77-88.
- Brière, F., & Espinassy, L. (2021). Pratiques dialogiques et expériences formatives au service du développement professionnel continu des enseignants. *Revista Linguagem em Foco*, 13(1), 44-65.
- Brière, F., & Simonet, P. (2021). Développement professionnel et co-construction de savoirs de métier d'étudiants stagiaires dans l'activité conjointe avec le formateur-chercheur: Analyses didactique et clinique de l'activité d'auto-confrontation croisée. *Éducation et didactique*, 15-1, 49-76.
- Bronckart, J.-P. (2009). Apprentissage et développement dans la perspective de l'interactionnisme socio-discursif. *eJRIEPS. Ejournal de la recherche sur l'intervention en éducation physique et sport*, 18.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2000). Entretien en autoconfrontation croisée: Une méthode en clinique de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 2-1.
- Collectif Didactique pour Enseigner. (2019). *Didactique pour enseigner*. Presses universitaires de Rennes.
- 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.
- 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.
- Engeström, Y., & Sannino, A. (2013). La volition et l'agentivité transformatrice: Perspective théorique de l'activité. *Revue internationale du CRIRES: innover dans la tradition de Vygotsky*, 1(1), 4-19.
- Faïta, D., & Vieira, M. (2003). Réflexions méthodologiques sur l'autoconfrontation croisée. *DELTA: Documentação de Estudos em Lingüística Teórica e Aplicada*, 19(1), 123-154.
- Fuchs, C. (1994). *Paraphrase et énonciation*. Éditions Ophrys.
- Grize, J.-B. (1987). Logique naturelle et vraisemblance. *Intellectica*, 4(1), 41-54.
- Grize, J.-B. (1989). Logique naturelle et représentations sociales. *Les représentations sociales*, 152-168.
- Grize, J.-B. (1998). Logique naturelle, activité de schématisation et concept de représentation. *Cahiers de praxématique*, 31, 115-125.
- Grize, J.-B. (2016). *Logique naturelle et communication*. Presses universitaires de France.
- 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.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école: Un exemple en sciences*. Presses Univ de Bordeaux.
- Jaubert, M., & Rebière, M. (2020). Quels outils pour rendre compte du passage d'une langue quotidienne à une langue disciplinaire scolaire? *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 42(3), 569-581.
- 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.
- Kelly, G. J., & Cunningham, C. M. (2019). Epistemic tools in engineering design for K-12 education. *Science Education*, 103(4), 1080-1111.
- kerbrart-Orecchioni, C., & Plantin, C. (1995). *Le trilogue*, Lyon, PUL. (PUL).
- 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.
- Lefeuvre, G., Garcia, A., & Namolovan, L. (2009). Les indicateurs de développement professionnel. *Questions vives. Recherches en éducation*, 5(11), 277-314.
- Leutenegger, F. (2009). *Le temps d'instruire: Approche clinique et expérimentale du didactique ordinaire en mathématique*. Peter Lang.
- Ligozat, F. (2015). L'analyse didactique des pratiques de classe: Outils et démarches d'identification des logiques d'action enseignantes en mathématiques. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 18, 17-37.
- Ligozat, F., & Marlot, C. (2016). Un espace interprétatif partagé entre l'enseignant et le didacticien est-il possible? Développement de séquences d'enseignement scientifique à Genève et en France. In F. Ligozat, M. Charmillot, & A. Muller (Éds.), *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation* (p. 143-164). De Boeck Supérieur.
- Lyet, P. (2011). Traduction, transaction sociale et tiers intermédiaire dans les processus de collaboration de chercheurs et de praticiens dans le cadre de recherches-actions. *Pensée plurielle*, 3(28), 49-67.
- Maingueneau, D. (2022). Les multilocuteurs. *Argumentation et Analyse du Discours. Mis en ligne le 18 octobre 2022*, 29. <https://doi.org/10.4000/aad.6765>
- 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.
- Marlot, C., & Roy, P. (2024). Emergence de savoirs de métier au sein d'une ingénierie didactique coopérative sur l'enseignement du vivant: Analyse de la schématisation des objets et sujets de discours. In F. Athias, D. Cariou, L. Coco-Goletto, M.-J. Gremmo, M. Le Paven, & F. Louis (Éds.), *Actes du 3<sup>e</sup> Congrès International de la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique, Coopération et dispositifs de coopération. Volume 4* (p. 129-148). Université de Bretagne Occidentale. <https://tacd-2023.sciencesconf.org/>
- Martinand, J.-L. (2003). La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 125-130.
- Martinot, C. (2009). Reformulations paraphrastiques et stades d'acquisition en français langue maternelle. *Cahiers de praxématique*, 52, 29-58.
- Martinot, C. (2015). La reformulation: De la construction du sens à la construction des apprentissages en langue et sur la langue. *Corela. Cognition, représentation, langage, HS-18. Accessible en ligne: http://corela.revues.org/4034*.
- Mentzer, N., Becker, K., & Sutton, M. (2015). Engineering design thinking: High school students' performance and knowledge. *Journal of Engineering Education*, 4, 417-432.
- Mercier, A., Schubauer-Leoni, M. L., & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue française de pédagogie*, 141(1), 5-16.
- Miéville, D. (2014). La logique naturelle, qu'est-ce, et pour qui, et pourquoi? *TrajEthos*, 3(1), 45-57.
- Morales, G., Sensevy, G., & Forest, D. (2017). About cooperative engineering: Theory and emblematic examples. *Educational Action Research*, 25(1), 128-139.
- Morrisette, J. (2015). Une analyse interactionniste de la complémentarité des positions de savoir en recherche collaborative. *Carrefours de l'éducation*, 39(1), 103-118.
- Nonnon, E. (1998). La notion de point de vue dans le discours. *Pratiques*, 100(1), 99-123.
- Ohlsson, D. (1998). *L'Univers de l'écrit*. Retz.
- Ohlsson, S. (1996). Learning to do and learning to understand: A lesson and a challenge for cognitive modeling. In P. Reiman & H. Spada (Éds.), *Learning in humans and machine* (p. 37-62). Pergamon Elsevier Science.



- Panissal, N., & Bernard, M.-C. (2021). La formation de la pensée critique revisitée par l'approche historico-culturelle. *Revue internationale du CRIRES: innover dans la tradition de Vygotsky*, 5(1). <https://revues.ulaval.ca/ojs/index.php/RIC/article/view/41067>
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 154, 145-198.
- Pearson, G., & Young, A. T. (2002). *Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology*. National Academy of Engineering.
- Prével, S. (2018). Problématiser la pratique enseignante pour mieux la comprendre: Études de cas en sports collectifs à l'école maternelle. *Les Sciences de l'éducation pour l'Ère nouvelle*, 51(3), 101-123.
- Rabardel, P. (1997). Dialogue ergonomie-design. Perspectives ouvertes par l'approche instrumentale. *International Journal of Design and Innovation Research*, 10, 3-6.
- Rabardel, P. (2005). 13. Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. *Entre connaissance et organisation: l'activité collective*, 251-265.
- Rabatel, A. (2009). Prise en charge et imputation, ou la prise en charge à responsabilité limitée... *Langue française*, 162(2), 71-87.
- Rabatel, A. (2010). Pour une approche intégrée des reformulations pluri-sémiotiques en contexte de formation: Apprendre en reformulant et en resémiotisant documents iconiques, gestes et actions. In A. Rabatel (Éd.), *Les reformulations plurisémiotiques en contexte de formation* (p. 7-24). Presses universitaires de Franche-Comté.
- Rabatel, A. (2012). Positions, positionnements et postures de l'énonciateur. *TRANEL. Travaux neuchâtelois de linguistique*, 56, 23-42.
- 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.
- Roy, P., & Marlot, C. (2024). La construction de points de vue partagés sur l'enseignement du vivant au sein d'une communauté discursive de pratiques professionnelles. In C. Péliissier & Y. Venturini (Éds.), *Après les 12<sup>e</sup> Rencontres Scientifiques... Actualités des recherches en didactique des sciences et des technologies: Part.2. Symposium «Analyse des pratiques langagières. Comparaison des cadres théoriques et méthodologiques en didactique des SVT* (p. 109-131). Éditions de l'ARDIST. <https://folia.unifr.ch/unifr/documents/327673>
- 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: Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Presses Universitaires de Rennes.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial*. MIT press.
- Varela, F. J. (1989). *Connaître les sciences cognitives*. Seuil.
- Vergnaud, G. (2001). Psychologie du développement cognitif et évaluation des compétences. In G. Figari & M. Achouche (Éds.), *L'activité évaluative réinterrogée* (p. 43-51). De Boeck Université.
- Vergnaud, G. (2002). *On n'a jamais fini de relire Vygotski et Piaget* (Y. Clot, Éd.; p. 55-68). La Dispute.
- 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>
- Vygotski, L. (1985). *Pensée et langage*. Messidor/Éditions Sociales.



## Annexes

### Annexe 1-Le débat d'expert·es

Chercheurs-didacticiens : **CH1** et **CH2**

Ingénieur·es : *ELE, BMA, VBO, BBU*

Enseignant·es : *AGA, CGU, CPI, CWI, JME, LRA, VMI*

Tours de parole	Découpage du discours en UD/OD et caractérisation selon les tâches épistémiques	Caractérisation des UD/OD selon les pratiques épistémiques d'ingénierie (PEI), les genres de discours, les postures énonciatives et les modes de reformulation
<b>Première partie du débat d'expert·es</b>		
1-CH1	<p>Ce qu'on va faire après le café, on ressortira le matériel, on reviendra plus sur des moments de classes spécifiques par rapport à la <b>conception</b> et la <b>modélisation</b> où l'on donnerait à voir les traces des élèves dans la deuxième partie. On pointera des moments de la <b>conception</b>. On reviendra sur vos <b>schémas de la conception</b>. C'est ce qu'on fera après. Cycle 2!</p>	
1-LRA	<p><b>(1) (OD : La modélisation comme activité intégrée au PCT: l'enseignement de la modélisation avec le dessin et la validité du modèle / TE : APPRÉCIER CITER-COMPARER-DECRIRE / SM sur la modélisation)</b> Donc, nous on est parti sur les véhicules en <b>matériaux recyclés</b>. La leçon de démarrage, c'était imaginer comment est-ce qu'on pourrait construire chacun un véhicule. Et en fait, on a pris cette leçon sur le dessin [en référence au schéma de principe ou de conception] pour qu'ils dessinent chacun le <b>prototype</b> de la voiture qu'ils vont construire. Donc y'avait deux consignes [en référence à une fonction globale ou technique et à une contrainte de réalisation]: «il faut qu'elle roule toute seule, enfin toute seule qu'elle roule». Mais, l'idée ce n'était pas qu'elle soit sur une rampe de lancement. Et puis, la deuxième chose, c'est qu'il faut qu'elle soit faite avec des <b>matériaux recyclés</b>». Donc, la différence un petit entre la classe de chez VMI et chez moi, c'est que chez moi, ils sont partis tous très vite sur des bouteilles en PET. Bon, ils ont fait chacun leur dessin [en référence au schéma de principe ou de conception], y'a des élèves après quand ils sont venus m'expliquer leur véhicule, on voyait clairement que ça n'allait pas jouer du style: «je vais coller les roues à la bouteille». Donc, du coup comme y'a pas d'axe, elles ne vont pas tourner. Enfin ça, ça ne leur posait pas du tout de problème. Et puis, dans une deuxième partie, ils devaient se mettre ensemble par groupe et choisir quel véhicule ils allaient construire ensemble. On a travaillé aussi sur les capacités transversales, le travail en projet, comment est-ce qu'on communique à l'intérieur du groupe son idée, et que l'on prend en compte l'avis de l'autre. Et puis, là ils ont refait un <b>croquis</b> d'un véhicule où ils devaient mettre dessus tout le <b>matériel</b> qu'ils voulaient. // <b>(2) (OD : L'utilisation du matériel et des outils dans la réalisation d'un prototype - TE : DECRIRE-APPRECIER / SM sur la réalisation)</b> Et puis, la fois suivante, ils ont commencé dans la construction de leur matériel. Chez moi, ce qu'il s'est passé c'est qu'en fait dans le même laps de temps je suis allée récupérer du <b>matériel</b> chez Maggy qui part à la retraite et qui avait préparé des trucs qui n'avaient rien à voir avec mon projet en fait. Je suis allé chercher cette caisse. Dedans, il y avait des boules en Sagex, il y avait deux trois trucs et puis ça, ça m'a pénalisé disons chez moi parce que comme ils ont vu ce <b>matériel</b> de Maggy, ils ont cru que c'était le <b>matériel</b> que j'avais prévu pour la réalisation du véhicule. Et du coup, il y en a qui se sont ennuyés avec des choses qui ne jouaient pas du tout pour le véhicule, parce qu'ils ont pensé que c'est ce que j'avais prévu. Donc je me suis dit que si je refaisais ça une année, je cacherais tout. Enfin, je cacherais dans les armoires toutes choses qui pourraient les inciter, voilà! // <b>(3) (OD : Les apports de l'ingénieur en classe dans l'expérimentation et l'évaluation des prototypes / TE : APPRÉCIER-CITER-DECRIRE / SM sur l'évaluation des prototypes)</b> Et puis, à la suite de ça, on a fait des affiches avec «<b>qu'est-ce qui fonctionne bien, qu'est-ce qui ne fonctionne pas bien</b>» et puis là on a eu la visite d'un ingénieur. Alors ça, j'ai trouvé hyper riche parce que ça a complètement redonné de l'impulsion aux élèves qui pensaient eux: «ouais en fait on s'arrête là, ça joue pas mal là». Mais il y en a qui glissaient, clairement ils ne roulaient pas, mais disons que quand ils les poussaient fort, ça allait assez loin. Et puis, avec les 6H, l'ingénieur a vraiment pris le</p>	<p><b>PEI:</b>            Définir des problèmes (1)            Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (1-2-4)            Analyser et modéliser (1-3)            Expérimenter et évaluer (3-4)            Communiquer et prendre des décisions (1-3-4)  <b>Genre de discours:</b> premier (2-3), hybride (1-4)  <b>Posture énonciative:</b> neutre (1-4)  <b>Mode de reformulation:</b> formulation première (1-4)</p>



temps d'analyser chaque véhicule et puis de réfléchir ensemble de « **pourquoi ça fonctionne, pourquoi ça ne fonctionne pas** ». Et puis, c'est sûr que moi j'avais déjà un peu atteint mon niveau d'incompétence. Lui, on voyait qu'il avait fait des études un peu plus poussées que moi en technologie, donc ça a pas mal aidé // (4) (OD : La dimension itérative d'un PCT : la réalisation d'un second prototype / TE : APPRECIER-CITER-COMPARER-DESCRIRE-EXPLIQUER / SM sur la réalisation des prototypes) Et puis, disons qu'ils étaient hyper motivés de refaire chacun de nouveau un véhicule, de repartir à zéro. C'était hyper chouette, parce qu'en fait on en était déjà à 6-8 leçons, de dire : « ben ok, on recommence tout, ça ne pose aucun problème ». Les 5H, c'était un peu plus compliqué parce que c'était assez long. Bon moi je n'étais pas là à ce moment-là. C'était ma collègue, mais ce qu'elle m'a dit c'est que pour garder l'attention comme ça 100 minutes, ça paraissait un peu plus compliqué. Bon et puis en plus les 6H étaient déjà à leur deuxième... Ils étaient prêts à repartir pour un troisième tandis que les 5H ils étaient encore toujours au premier véhicule qu'ils avaient fait par deux. Et puis, ils ont fait des petites expériences, ils ont testé des choses. Et puis, avec les 5H on a décidé qu'on allait faire un prototype ensemble et puis qu'une fois ce prototype marchait, chacun construirait son propre véhicule d'après le prototype parce qu'ils voulaient tous pouvoir rentrer avec un véhicule. Donc, si vous voulez les voir, je n'avais pas le courage d'amener les 25 véhicules. Ils sont tous en haut dans la classe, exposés donc voilà. Finalement, chacun part avec son véhicule qui roule. Ouais, VMI je pense. //

2-CHI	VMI, oui?	
3-VMI	(5) (OD : L'identification du matériel à disposition dans la conception d'un prototype / TE : APPRECIER-COMPARER / SM sur la conception) Ouais, alors moi déjà dans le dessin [en référence au schéma de principe ou de conception] certains avaient de la peine à partir avec du matériel de récupération. Donc, ils mettaient des choses comme les vitres, le métal, voilà, en rapport aussi avec la réalité, tout ça. Et puis, c'est vrai que pour le départ, la classe de LRA, ils sont plus partis directement avec une bouteille et moi pas du tout. Donc, c'est vrai que ça a pris plus de temps du coup et que cela a compliqué certaines choses au départ. // (6) (OD : L'utilisation du matériel et des outils dans la réalisation d'un prototype / TE : APPRECIER-EXPLIQUER / SM sur la réalisation des prototypes) Et puis, c'est vrai qu'à partir de la première leçon, la plupart avaient juste le matériel sur la table, mais rien du tout de construit, parce qu'ils ont tous construit par un groupe, soit en carton le véhicule, soit avec des bouts de fer, etc. Donc, déjà la construction des véhicules ça a pris plus de temps. // (7) (OD : La compréhension du fonctionnement d'un système ou de grandeurs physiques dans la réalisation d'un prototype / TE : COMPARER) Et puis, ben voilà, comprendre la mécanique avec les roues aussi. Donc voilà ça c'était un peu différent par rapport à l'autre classe. //	PEI Analyser et modéliser (5-7) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (6) Genre de discours : premier (5-6-7) Posture énonciative : sous-énonciation (7 par rapport à 1), coénonciation (5 par rapport à 1 ; 6 et par rapport à 2) Mode de reformulation : reformulation paraphrastique (6 par rapport à 2), ascendante (5 par rapport à 2), descendante (7 par rapport à 1)
4-CHI	D'accord. CGU oui?	
5-CGU	(8) (OD : La définition du cahier des charges / TE : COMPARER-DESCRIRE / SM sur la problématisation) Moi, j'ai fait aussi le même projet avec mon groupe, mais on est parti un peu différemment donc l'objectif c'était construire un véhicule avec du matériel, mais qu'on lâche depuis le haut d'un plan incliné et qui va le plus loin possible et le plus droit possible [en référence à une fonction globale]. Et puis, comme situation de départ, j'ai pris des petites voitures-jouets de plusieurs grandeurs, plusieurs formes, etc. Et puis, on en a testé aussi certaines qui étaient un peu abîmée qui avaient les roues qui tenaient plus très bien et tout. Et puis, par l'expérimentation, ils ont regardé quel véhicule allait le plus loin, le plus droit. Et puis, ils ont essayé de faire des hypothèses aussi en observant les véhicules, de voir pourquoi y'avait des hypothèses contradictoires : quelquefois c'est parce qu'il était léger qu'il allait plus loin, après parce qu'il était lourd qu'il allait plus loin, etc. donc on a fait ça ! // (9) (OD : La modélisation comme activité intégrée au PCT : l'enseignement de la modélisation avec le diagramme FAST et la validité du modèle / TE : APPRECIER-CITER-DESCRIRE-EXEMPLIFIER-SE QUESTIONNER / SM sur la modélisation) Et puis après on a fait le diagramme «fast» avec les fonctions techniques. Alors ça, ce n'était vraiment pas évident. C'était écrit, je crois fonctions principales et puis après les fonctions techniques et les solutions techniques. Alors, bon : fonctions principales, on avait trouvé que c'était rouler tout droit le plus loin possible et puis après ils avaient plutôt des solutions techniques. En fait, c'était difficile pour moi d'expliquer exactement ce que c'est une fonction technique sans donner l'exemple et eux ils avaient plutôt : « pour aller tout droit, il faut que les roues soient bien serrées,	PEI Définir des problèmes (8) Analyser et modéliser (9-11) Expérimenter et évaluer (8-10-11) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (10) Communiquer et prendre des décisions (10-12) Genre de discours : premier (10-12), hybride (8-9), second (11) Posture énonciative : sous-énonciation (8 par rapport à 1), neutre (9-10-12), sur-énonciation, coénonciation (11 par rapport à 3) Mode de reformulation : formulation première (8-9-12), reformulation paraphrastique (11 par rapport à 3), ascendante (9 par rapport à 1 ; 10 par rapport à 2, 4 et 6)



qu'elles soient bien fixes, qu'elles tournent, mais qu'elles ne ballonnent pas à droite à gauche». Ensuite, ils ont parlé de la **forme aérodynamique**, etc. Mais, après je ne sais pas si c'est juste, on a défini deux **fonctions techniques finalement** : « une c'était diriger le véhicule et l'autre c'était faire en sorte que la voiture aille plus vite ou le plus vite possible ». Et puis après, ils ont aussi fait des **dessins** [en référence au schéma de principe ou de conception], des **croquis** de leur véhicule. Alors là, le problème, c'est qu'entre ce qu'ils ont envie de faire comme véhicule et la réalité de ce qui est possible avec du **matériel de récupération**. Une élève a fait comme **croquis** un camping-car à deux étages (*rires*) avec tous les détails de tout ce qu'il y avait dans le camping-car... Alors, voilà ils se sont un peu éloignés de la **consigne de départ** [en référence à une contrainte de réalisation] qui était « avec du **matériel de récupération** ». // (10) (OD : Les défis liés à l'articulation conception-réalisation / TE : APPRECIER-DECRIRE-EXPLIQUER / SM sur l'articulation conception-réalisation) Ensuite, ils ont fait, testé avec le **matériel** que j'avais à disposition. Et puis là les difficultés qu'il y a eu, c'est vraiment de faire à deux et ils avaient chacun leur idée, mais de s'écouter, de prendre l'idée, enfin de trouver un compromis et de se mettre d'accord sur quoi faire. Ça c'était très compliqué. Et l'autre difficulté, c'est vraiment le côté pratique quoi. Parce que dans la tête ça allait très bien, ils avaient le projet, ils avaient le **dessin** [en référence au schéma de principe ou de conception] et tout ça, mais de comment on fait ça en réalité c'était vraiment très très difficile. Et je suis aussi arrivée assez rapidement à mes limites pour pouvoir les aider, mais par exemple une chose : l'idée de mettre un bâton dans une paille pour que ça tourne mieux, quasiment tous ils ont trouvé ça très vite, tout de suite quoi. Donc, ça j'ai trouvé vraiment chouette. // (11) (OD : Les apports de l'ingénieur en classe dans l'expérimentation et l'évaluation des prototypes / TE : APPRECIER-CITER-COMPARER-DECRIRE-EXEMPLIFIER / SM sur l'évaluation) Et puis au bout de quelques leçons on a aussi eu un ingénieur, on a VBO qui est venu, ça a permis de relancer aussi de leur montrer comment améliorer, comment continuer. Et puis, à un moment donné, ils se sont aussi posé la question « qu'est-ce qui fonctionne bien ? Qu'est-ce qui ne fonctionne pas bien ? » Et puis, après « pourquoi ça ne fonctionne pas bien ? ». Par exemple, ça freinait : « bien pour quoi et qu'est-ce qu'on peut faire pour améliorer ? » // (12) (OD : La communication sur le PCT : la description de l'analyse du fonctionnement d'un prototype / TE : DECRIRE-APPRECIER) Alors là aussi au niveau langage ça allait bien, ils étaient tout à fait capables d'imaginer qu'est-ce qu'on peut faire et tout. Cependant, pour écrire sur les feuilles que j'avais préparées, c'était beaucoup plus compliqué. //

6-CH1	(13) (OD : La modélisation comme activité intégrée au PCT : la validité du modèle / TE : METTRE EN RELATION-QUESTIONNER) Moi GGU j'ai envie de poser une question pour faire un écho entre ce que les élèves font dans la classe et le monde de l'ingénieur : dans le monde des ingénieurs, est-ce que ça arrive aussi que dans la <b>schématisation des croquis</b> , on pense à des <b>possibilités techniques</b> [en référence à des solutions techniques] qui ne peuvent se réaliser ? En fait, c'est un peu leur défi ici au niveau des élèves, qu'est-ce qui se passe dans votre monde avec les jeunes ingénieurs ou les ingénieurs en exercice, lorsqu'on <b>schématise</b> , qu'on <b>modélise les possibilités techniques</b> [en référence à des solutions techniques] avec les <b>matériaux</b> ? Est-ce qu'il y a des problématiques qui arrivent parfois ?	<b>PEI</b> : Analyser et modéliser (13) <b>Genre de discours</b> : hybride (13) <b>Posture énonciative</b> : sur-énonciation (13 par rapport à 1-9-10) <b>Mode de reformulation</b> : reformulation ascendante (13 par rapport à 1-9-10)
7-ELE	// (14) (OD : La dimension itérative d'un PCT : la modélisation / TE : APPRECIER-DEFINIR-EXPLIQUER-METTRE EN RELATION) Oui ben c'est <b>itératif</b> [le processus de conception] de toute façon, donc forcément, au départ, on a de la <b>conception</b> . Après, entre le <b>concept initial</b> et la <b>réalité finale</b> , il y a des divergences ça c'est sûr. Cependant, moi j'ai trouvé très intéressante l'utilisation du « <b>diagramme fast</b> », parce qu'on parle de <b>systèmes</b> et de <b>fonctions</b> . Et on développe de plus en plus ce genre de conceptualisation dans nos métiers, ce qui n'était pas le cas au départ. Mais dans nos formations, ça rentre de plus en plus aussi dans nos formations techniques. //	<b>PEI</b> : Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (14) Analyser et modéliser (14) <b>Genre de discours</b> : second (14) <b>Posture énonciative</b> : coénonciation (14 par rapport à 13) <b>Mode de reformulation</b> : reformulation ascendante (14 par rapport à 1-9-10-13)
8-BMA	(15) (OD : La définition du cahier des charges / TE : EXEMPLIFIER-METTRE EN RELATION) Si tu regardes je crois que Patrick tu es venu chez nous voir une fois le concours qu'on fait en fin d'année. On a aussi, ben un petit peu comme vous, on donne un <b>objectif</b> [en référence à une fonction globale ou à un objectif de performance] aux étudiants, par exemple de faire un véhicule qui doit monter sur un tas de palettes et qui doit tenir là 30 secondes simplement. Et puis, chaque groupe doit faire son véhicule. Et puis à la fin y'a un concours et puis chaque véhicule monte et puis il peut shooter le véhicule du voisin, etc. // (16) (OD : La dimension itérative d'un PCT : la modélisation	<b>PEI</b> : Définir des problèmes (15) Référence globale au PCT (16) <b>Genre de discours</b> : premier (15), second (16) <b>Posture énonciative</b> : coénonciation (15 par rapport à 1-8; 16 par rapport à 14) <b>Mode de reformulation</b> : formulation première (15), ascendante (16 par rapport à 14)



	<p><b>virtuelle / TE: CITER-DEFINIR-DESIGNER-EXEMPLIFIER-INTERPRETER-METTRE EN RELATION</b>), Mais ce qu'on remarque dans le <b>processus de conception</b>, c'est que souvent ils vont aussi aller par essai, c'est-à-dire qu'ils vont faire une <b>conception</b>, ils le font de manière virtuelle donc sur ordinateur, après ils fabriquent, ils essaient, ils testent et puis ils remarquent que pour une raison ou une autre, les roues sont branlantes. Alors, ce ne sont peut-être pas des choses comme ça, mais d'autres types de problèmes qu'ils vont rencontrer et puis ils doivent chercher une piste qui leur permet d'améliorer ça déjà comprendre premièrement comme vous avez très bien dit, aller comprendre pourquoi: «<b>pourquoi ça roule mal? pourquoi est-ce qu'on n'arrive pas à avoir une ligne qui est droite dans ce véhicule lorsqu'on le lâche?</b> Et puis après trouver des <b>solutions</b> qui permettent de résoudre ce problème-là et on voit effectivement comme tu l'as dit <b>ELE</b> que c'est très <b>itératif</b> [le processus de conception], même dans le monde des professionnels. On parle de plus en plus du <b>développement virtuel</b> où de manière virtuelle on devrait avoir un <b>objet parfait</b>. Mais en réalité, ce que vous avez fait ce sont des <b>prototypes</b> et puis les <b>prototypes</b> c'est en général une première version qui demande d'être améliorée une fois, deux fois, trois fois. //</p>	
9-BBU	<p><b>(17) (OD: La dimension itérative d'un PCT: la réalisation d'un premier prototype / TE: APPRECIER-ARGUMENTER-METTRE EN RELATION)</b> Je trouve que c'est aussi très important de faire rapidement un <b>prototype</b> pour faire après de premières <b>expériences</b> parce que même chez nous ou bien dans l'industrie si on est dans un domaine qu'on ne connaît pas, c'est très important de faire rapidement un <b>prototype</b>. Pour apprendre, on tombe aussi sur des questions qu'on ne s'est pas posées avant et après le deuxième, il est tout de suite déjà meilleur. //</p>	<p><b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (17) Expérimenter et évaluer (17) <b>Genre de discours:</b> second (17) <b>Posture énonciative:</b> coénonciation (17 par rapport à 14-16) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (17 par rapport à 14-16)</p>
10-BMA	<p><b>(18) (OD: L'utilisation du matériel et des outils dans la réalisation d'un prototype / TE: APPRECIER-DEDUIRE-METTRE EN RELATION)</b> C'est vrai que peut-être même chez vous dans quelques années une imprimante 3D qui fait des pièces plastiques pour je ne sais pas des 6H-7H pour faire de <b>premiers prototypes</b>. Ce sont des choses qu'on emploie chez nous et qui seront certainement utilisables dans quelques années par monsieur tout le monde, ce n'est pas si compliqué. //</p>	<p><b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (18) <b>Genre de discours:</b> second (18) <b>Posture énonciative:</b> neutre (18) <b>Mode de reformulation:</b> formulation première (18)</p>
11-CGU	<p><b>(19) (OD: La production d'une solution technique optimale) / TE: COMPARER-EXEMPLIFIER)</b> (<i>L'enseignante montre un dessin</i>) Juste pour le montrer, c'est le <b>véhicule qui a gagné le concours</b> pour aller le plus loin possible [en référence à une solution optimale]. Et puis, j'ai une photo des autres aussi. Alors y'en n'a que deux qui ont utilisé des bouteilles de PET. Et puis, ce sont ces deux-là finalement qui n'ont pas les bouteilles de PET qui sont allés le plus loin. Voilà. //</p>	<p><b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (19) <b>Genre de discours:</b> premier (19) <b>Posture énonciative:</b> neutre (19) <b>Mode de reformulation:</b> formulation première (19)</p>
12-BMA	<p><b>(20) (OD: La modélisation comme activité intégrée au PCT: aide à la conception et à l'évaluation du prototype / TE: APPRECIER-CITER-EXPLIQUER)</b> J'ai bien aimé aussi le côté: d'un côté on va chercher les <b>fonctions</b> et puis après finalement on laisse aller la créativité [dans la conception]. Et puis on a ce camping-car qui arrive avec plein de choses dedans et puis on pourrait là faire un retour vers les <b>fonctions</b>: mais finalement ta cuisinière ici [en référence à un élément de solution technique] dans le camping-car, qu'est-ce qu'elle t'amène par rapport à la <b>fonction</b> «aller tout droit»? //</p>	<p><b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (20) Analyser et modéliser (20) <b>Genre de discours:</b> second (20) <b>Posture énonciative:</b> coénonciation (20 par rapport à 9) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation paraphrastique (20 par rapport à 9)</p>
13-CGU	<p><b>(21) (OD: La prise en compte du cahier des charges dans la conception d'un prototype: la fonction principale / TE: APPRECIER-CITER-DECRIRE / SM sur la problématisation)</b> Et même, oui. Et après dans la <b>conception</b>, ils se sont très très souvent complètement éloignés de l'<b>objectif</b> [en référence à une fonction globale ou technique] et puis ce qu'ils voulaient c'était faire des décorations, faire des petits bonhommes. Je devais à chaque fois leur rappeler: «oui, mais c'est quoi l'<b>objectif</b> [en référence à une fonction globale ou technique]? Est-ce que de faire un bonhomme ça va <b>améliorer la direction et la vitesse du véhicule</b>?» //</p>	<p><b>PEI:</b> Définir des problèmes (21) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (21) <b>Genre de discours:</b> premier (21) <b>Posture énonciative:</b> coénonciation (21 par rapport à 9-20) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (21 par rapport à 9-20)</p>
14-BMA	<p><b>(22) (OD: La prise en compte du cahier des charges dans la conception d'un prototype: la fonction principale / TE: DÉDUIRE)</b> Mais pour eux c'est important, pour eux c'est important qu'il y ait un bonhomme dans le véhicule. //</p>	<p><b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (22) <b>Genre de discours:</b> premier (22) <b>Posture énonciative:</b> sous-énonciation (22 par rapport à 21) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation descendante (22 par rapport à 21)</p>



15-ELE	<p>(23) (OD : La prise en compte du cahier des charges dans la conception d'un prototype : la fonction principale / TE : METTRE EN RELATION), Mais dans l'ingénierie aussi, c'est-à-dire que l'ingénieur a tendance à se faire plaisir dans sa conception et pas forcément regarder l'usage final et la fonction principale. Non, mais c'est une réalité. //</p>	<p>PEI : Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (23)  <b>Genre de discours</b> : second (23)  <b>Posture énonciative</b> : coénonciation (23 par rapport à 21-22)  <b>Mode de reformulation</b> : reformulation ascendante (23 par rapport à 21-22)</p>
17-CHI	<p>(24) (OD : La modélisation comme activité intégrée au PCT : des processus similaires dans les mondes professionnel et scolaire / TE : DEDUIRE-METTRE EN RELATION-QUESTIONNER) On observe en fait à peu près les mêmes manières de faire un peu chez les élèves que chez les jeunes ingénieurs ou même dans le monde professionnel. Cette place de la modélisation, on y reviendra. Vous avez déjà servi un peu la question sur un plateau d'argent. On y revient dans la deuxième partie justement où on regardera ensemble qui a fait, à quel endroit, des moments de classe qui relèvent de la modélisation et qu'est-ce qui a été fait, pour échanger avec les ingénieurs. Et aussi au niveau du processus de conception, on pourra regarder des moments clés qui vous apparaissent et des moments clés importants dans le processus de conception. À partir de vos schémas que vous avez réalisés et puis que vous avez proposé de mettre en œuvre en classe. C'est ce dont on a moins parlé dans la première partie. Est-ce qu'on finit peut-être avec AGA? //</p>	<p>PEI : Référence globale au PCT et à la modélisation (24)  <b>Genre de discours</b> : second (24)  <b>Posture énonciative</b> : neutre (24)  <b>Mode de reformulation</b> : formulation première (24)</p>
17-AGA	<p>Alors moi je vais parler pour ma classe. Avec l'autre classe, on était parti quand même sur un cours similaire, qu'on avait préparé ensemble, de travail, après nous avons eu un peu de difficultés organisationnelles, parce qu'il y'a eu pas mal de changements au niveau des enseignants avec l'autre classe. Et puis, la deuxième raison c'est que moi j'avance généralement sur ce que je fais avec les élèves et puis je réinvestis au fur et à mesure donc forcément que ça différencie avec ce qui se passe à côté. Mais, je pense que dans l'ensemble, on est passé à peu près par des phases, certaines étapes similaires. // (25) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée en jeu dans un PCT : caractérisation et différenciation avec le bricolage / TE : CITER-COMPARER-DECRIRE-PRIORISER-METTRE EN RELATION / SM d'ordre épistémologique sur le PCT) Alors pour moi le plus important avec les grands, c'était qu'ils prennent conscience qu'on était dans la démarche de conception d'un véhicule, pas dans simplement faire un bricolage comme d'habitude. Donc j'ai mis ça au tableau : «démarche de conception d'un véhicule». Et puis, y'a le mot «conception» sur lequel on s'est focalisé. Et puis on a mis là autour tout une activité pour comprendre ce qui allait se passer dans cette activité-là avec comme motivation un vrai but de se prendre pour un petit ingénieur pour faire de la conception et puis pas seulement dire «on va bricoler un petit peu». Donc, du coup on est parti dans des discussions et on a vu qu'on allait dans des problématiques de citoyenneté, des problématiques environnementales. Et puis petit à petit, on a posé des jalons pour se dire : «est-ce qu'on va faire une activité que vous avez déjà faite ou pas?». Et puis, ils ont remarqué que bon y'avait des choses qu'ils savaient déjà faire et puis qu'après y'avait quand même une rigueur à avoir dans la pensée créative parce qu'on allait aborder différents aspects. // (26) (OD : La définition du cahier des charges / TE : COMPARER-CITER-DECRIRE-METTRE EN RELATION / SM sur la problématisation) Ensuite de ça, on s'est posé la question sur un véhicule parce qu'on devait concevoir un véhicule. Je leur ai expliqué que le but c'était de concevoir un véhicule. Donc «un véhicule c'est quoi? Ça sert à quoi? Ça fonctionne comment? Le véhicule a changé quoi dans l'existence humaine?». Et puis, je leur ai demandé de faire, ils étaient par groupe, une petite étiquette avec «une phrase, c'est une idée», mais une phrase simple : «il ne peut pas y avoir dans une phrase deux autres idées, toujours quelque chose de très simple» [en référence à une activité de remue-méninges]. Et puis, donc on a fait tout un stock d'étiquette toujours par rapport toujours à cette conception de véhicule. Ensuite, j'ai pris toutes les étiquettes, je les ai photocopiées, je les ai distribuées à tous les groupes et puis après, avec aussi les idées des autres ils devaient faire des classements par concept. Et puis, pour moi c'était très important, pour différencier un petit peu de ce qu'on fait au bricolage, même si on a des phases qui sont similaires. Quand on a eu fait ces classements, ensuite il a fallu passer à la situation problématisante pour le véhicule. Et puis donc là, on a posé des défis [en référence à un cahier des charges] à la suite de cette situation problématisante. On a discuté de ce qu'ils avaient mis, pourquoi et tout... On a posé quelques défis [en référence à un cahier des charges] pour la réalisation du véhicule et puis des restrictions [en référence à des contraintes de réalisation d'un cahier des charges] aussi, parce que le but, c'était que ça soit quelque chose de réalisable étant donné que</p>	<p>PEI : Approche interdisciplinaire du PCT (30)  Référence globale au PCT (25-33)  Définir des problèmes (26-28)  Analyser et modéliser (28-29-30-31)  Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (27-29-31)  Expérimenter et évaluer (29)  Communiquer et prendre des décisions (29-30-32)  Relation entre concret et abstrait dans la modélisation  <b>Genre de discours</b> : premier (27-32-33), hybride (26-28), second (25-29-30-31)  <b>Posture énonciative</b> : neutre (25-26-32-33), coénonciation (27 par rapport à 2-5-6; 28 par rapport 5; 29 par rapport à 20; 30 par rapport à 3-11; 31 par rapport à 20)  <b>Mode de reformulation</b> : formulation première (25-26-28-30-32-33), reformulation paraphrastique (27 par rapport à 2-5-6), ascendante (29 par rapport à 20; 30 par rapport à 3-11), descendante (31 par rapport à 20)</p>



ce sont des petits ingénieurs, ce ne sont pas des savants fous. Mais, je ne voulais pas casser la créativité, mais ça devait quand même être réalisable. Donc on a mis des restrictions [en référence à des contraintes de réalisation d'un cahier des charges] sur la dangerosité, parce qu'ils ont tout de suite des idées «est-ce qu'on peut utiliser du carburant?», des choses comme ça (*rire des participants*). Ben voilà, mais ça restait intéressant parce que ça donnait matière à discussion, et puis une restriction [en référence à une contrainte de réalisation d'un cahier des charges] c'est qu'on ne devait pas utiliser des choses qui avaient déjà été réfléchies par d'autres ingénieures, genre «vous n'avez pas le droit de prendre une roue de lego pour mettre sur le véhicule», parce que c'est un concept qui a déjà été pensé pour une fonction bien précise (la roue de lego). // (27) (OD : **L'identification du matériel à disposition dans la conception d'un prototype / TE : APPRECIER-CITER-DECRIRE**) Et puis, il fallait un **réalisme de la conception** avec les moyens à disposition. Par rapport à cette histoire, je me suis quand même fait avoir, parce que y'en a qui m'ont proposé d'utiliser des engrenages et puis sur le moment j'ai plus pensé de dire : «Ah non, je ne dois pas leur laisser faire ça parce que ça a déjà été pensé par quelqu'un d'autre». Et puis après j'ai essayé de réinvestir là-dessus parce que ça pouvait m'arranger pour les journées à vélo pour changer les vitesses. // (28) (OD : **L'identification du matériel à disposition dans la conception d'un prototype / TE : CITER-DÉCRIRE / SM sur la problématisation et la modélisation**) Et quand ils ont imaginé la **situation problématisante**, ils sont passés à la **planification**, ils ont commencé à faire leur **schéma**, ils ont réfléchi au matériel dont ils avaient besoin. Ils ont compris qu'il fallait faire un véhicule qui soit écologique donc il fallait **recycler du matériel** ou **utiliser des matériaux** qui soit recyclables ou **recycler des matériaux**. On a aussi fixé un budget minimal, parce que de toute façon y'a des choses où il fallait amener du neuf, des choses qu'on ne pouvait pas récupérer : de la colle, du scotch... des petites choses. Et puis par groupe, ils ont commencé à dessiner leur véhicule [en référence au schéma de principe ou de conception], à me faire les propositions de matériel dont ils avaient besoin. Donc, on a réparti les tâches, dire «ben ça c'est vous qui pouvez trouver ce matériel, ça c'est moi qui vais le trouver, l'acheter». // (29) (OD : **La modélisation comme activité intégrée au PCT : aide à la réalisation et l'évaluation d'un premier prototype et l'utilisation d'outil numérique comme support d'analyse de son fonctionnement / TE : APPRECIER-CITER-DECRIRE-EXPLIQUER / SM sur la modélisation**) Ensuite, on est passé à la **phase de la création** des véhicules. Ça, c'est une phase, je pensais que ça irait assez vite, mais ça m'a pris trois fois plus de temps que prévu. Mais c'est intéressant si on ne peut pas savoir à l'avance. Donc, ils ont commencé à réaliser les véhicules et puis chaque fois à les **tester**, et puis à chaque fois revenir sur leur **schéma**, faire un petit rapport de ce qui allait, ce qui n'allait pas et puis essayer d'améliorer déjà sur le papier et ensuite retester, etc. Pendant les tests, je leur donnais un iPad, ils filmaient, ça c'était très intéressant parce que quand ils font quelque chose, après ils peuvent le regarder, mais en slow motion ou comme ça, et puis plusieurs fois ben tu peux voir «ah, mais c'est là, c'est là!». C'était intéressant. Et là alors on est revenu et puis ce qu'il y a de terrible dans cette étape-là c'est que ça ne finit jamais parce qu'en fait, ils voient une **problématique**. Donc, ils veulent la résoudre et puis en fait ça engendre une autre **problématique** parce qu'ils ne les lient pas forcément ensemble, donc comme tu avais dit y'en a pas mal qui ont compris qu'il fallait mettre une paille et favoriser l'axe pour que ça tourne pour un véhicule qui roulait par exemple, mais le coup d'après pour la transmission de la force, ils avaient une autre idée pour fixer un élastique, mais ils collaient carrément l'axe parce qu'ils mettaient de la colle à côté. Après il fallait recommencer, et puis ils n'associent pas les choses, ou ça génère un nouveau frottement ou des choses comme ça. Alors, j'ai fait une **première phase de création** et puis je m'en rappelle plus si j'ai fait une **deuxième** [phase de création]. // (30) (OD : **La modélisation comme activité intégrée au PCT : aide à la représentation et la compréhension des grandeurs physiques en jeu dans le fonctionnement d'un premier prototype et l'apport de l'ingénieur / TE : APPRECIER-CITER-DECRIRE / SM sur la modélisation**) Et au bout d'un moment, on est passé à la **modélisation**. Pour la **modélisation**, j'ai préparé des ateliers avec des véhicules. Le but était qu'on commence quand même à dialoguer et puis à mettre des mots comme **propulsion**, **frottement**, etc. Et puis, je voulais que ça devienne des **concepts concrets** dans leur représentation. C'est là aussi que j'ai fait intervenir l'ingénieur *VBO* qui était très bien aussi pour mes limites personnelles et surtout pour les élèves parce que c'était plus le prof qui faisait sa leçon de science numéro 27, mais tout d'un coup y'avait un vrai scien-



tifique qui était là et ça donnait une tout autre dimension à l'activité. Donc là, ils ont tourné sur les différents ateliers et on a pu expliquer ce que c'était la force, le déplacement, la direction de la force, des trucs comme ça et qu'ils aient une bonne représentation avec ces choses-là. Et en parallèle, on a fait un petit lexique dans lequel on reprenait certains termes: y'avait leurs mots à eux, le terme dédié, l'explication et puis un petit schéma pour illustrer un tout petit peu le problème. Ça nous permettait après d'être plus efficaces quand on parlait «ah oui un **frottement**, c'est quelque chose qui va freiner, embêter à un endroit». // (31) (OD : La modélisation comme activité intégrée au PCT : aide à la réalisation et l'évaluation d'un second prototype / TE : DÉCRIRE / SM sur la modélisation) On est retourné donc dans une phase de création, ils sont retournés à leurs schémas, ils amélioraient et puis au bout d'un moment j'ai dû dire bah voilà, c'est la dernière et ils ont terminé leur véhicule. // (32) (OD : La communication sur le PCT : l'évaluation des prototypes et les apports de l'ingénieur en classe / TE : APPRECIER-CITER-DÉCRIRE) Et puis ils ont dû les présenter, ça c'était la dernière leçon qu'on a faite. Je l'ai fait la semaine passée je crois ou la semaine d'avant, je sais plus. Et puis là, chaque groupe devait présenter son véhicule, expliquer leurs idées, comment est-ce qu'ils étaient arrivés à concevoir leur véhicule, une ou deux difficultés qu'ils avaient rencontrées, une idée géniale dont ils étaient fiers qu'ils avaient eue pour leur véhicule. Ils devaient faire la démonstration, moi j'étais là, je leur posais une ou deux questions un peu pour qu'ils développent leurs concepts. Y'avait aussi VBO qui était là et puis tout d'un coup y'en a un qui relevait un point, surtout les points géniaux, et puis il disait «ah bah ça c'est bien» et puis qui faisaient le lien justement avec la vraie réalité de la problématique des véhicules. Et après on demandait encore aux autres de valider ou non la présentation du véhicule et la démonstration. Ça c'était aussi riche parce qu'ils devaient donner un, deux arguments pas beaucoup plus, mais ils ne pouvaient pas dire oui c'est bon, non ce n'est pas bon, mais ils devaient expliquer pourquoi ils trouvaient que c'était bon, pourquoi ils trouvaient que ce n'était pas bon. // (33) (OD : L'évaluation régulatrice au sein d'un PCT : l'utilisation d'une grille d'observation / TE : DÉCRIRE) Et puis, finalement, la dernière leçon c'était une évaluation sommative un peu formelle où j'ai repris différentes choses qui avaient été faites durant toute l'activité, mais c'est qu'une petite partie de l'évaluation parce que j'ai aussi essayé, durant toute l'activité, de les observer: j'avais fait une grille d'observation pour les différentes étapes et pendant le dialogue pédagogique surtout et puis tout, je notais de choses, je regardais (...) J'ai essayé de faire ça le plus régulièrement possible. J'étais un petit frustré parce que je voulais le faire plus. Enfin, je pense que c'est à chaud aussi que la plus-value est là de pouvoir évaluer les élèves et pas seulement à la fin pour voir ce qu'ils ont retenu et puis ça faisait aussi progresser. Moi je n'essayais pas de leur donner les solutions, mais je leur posais des questions et puis tout d'un coup ça éveillait chez eux «Ah, ah ok il nous a posé cette question-là, donc on va peut-être réfléchir.» Et puis, et puis voilà! //

18-CH1	(34) (OD : L'évaluation régulatrice du PCT / APPRECIER-QUESTIONNER) C'est bien. Je ne sais pas si vous avez des questions les ingénieurs, donc explicitation vraiment des leçons avec les tâches des élèves. On voit bien tout le processus qui a été fait. J'ai commencé, j'ai visionné trois séances AGA, elle est hyper intéressante ta séquence et je poursuis le visionnement. Je n'ai pas encore terminé parce qu'on est en train de fusionner les séquences de films de classe, parce que les caméras vous savez quand on filme, ça scinde en deux, trois films d'une heure et quart, ça scinde en quoi trois ou quatre morceaux Chrystelle (collaboratrice scientifique qui a procédé aux enregistrements). Donc, il faut fusionner tout ça en même temps. Et puis, je me réjouis aussi de visionner le reste aussi de la séance. Est-ce que vous avez des questions? Je propose après qu'on prenne une petite pause, 15 minutes et puis il reste cependant. Rappelle-moi ton nom (une collègue d'André lève la main). //	PEI: Référence globale au PCT (34) Genre de discours: premier (34) Posture énonciative: sous-énonciation (34 par rapport à 33) Mode de reformulation: reformulation descendante (34 par rapport à 33)
19-JME	Janine! Mais moi j'ai juste aidé AGA parce que, je fais les ACT pendant ce temps-là.	
20-CH1	D'accord.	
21-JME	Et comme on avait un grand travail en route, il fallait absolument le terminer. J'ai juste participé en soutien.	
22-AGA	Je voulais juste dire que, bon moi j'ai les plus grands.	
23-CH1	7H? //	



24-AGA	(35) (OD : La prise en compte du cahier des charges dans la conception d'un prototype : la liberté tout en respectant le problème posé et la diversité des réalisations / TE : APPRECIER-DECRIRE / SM sur la problématisation) J'ai les 7-8H. Et puis, je leur ai laissé libre choix de faire le véhicule qu'ils voulaient tant que ça rentrait dans le cadre qu'on s'était fixé [en référence à la situation-problème], mais c'était tous des véhicules qui roulaient quand même, sauf un qui était suspendu et puis qui glissait sur le fil, voilà ( <i>rites des participants</i> ). Après, non ouais c'est pas du tout la même propulsion. J'ai vraiment laissé faire les choses. Cependant, ce qui était intéressant c'était au niveau des systèmes de propulsion, y'en a qui voulaient faire de doubles systèmes, y'en a qui ont essayé. //	PEI : Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (35) Genre de discours : hybride (35) Posture énonciative : coénonciation (35 par rapport à 1-26-28) Mode de reformulation : reformulation paraphrastique (35 par rapport à 1-26-28)
25-JME	(36) (OD : La définition du cahier des charges / CITER-RAPPELER / SM sur la problématisation) Ouais parce qu'il a oublié de préciser l'objectif [en référence à une fonction globale et un objectif de performance] : ils devaient avoir « un véhicule qui se déplace sur une longueur de trois mètres ». //	PEI : Définir des problèmes (36) Genre de discours : hybride (36) Posture énonciative : sous-énonciation (36 par rapport 35) Mode de reformulation : reformulation ascendante (36 par rapport 35)
26-AGA	(37) (OD : La définition du cahier des charges / TE : APPRECIER-DECRIRE / SM sur la problématisation) Ouais, c'était un des défis [en référence à l'objectif de performance]. Mais, ce n'était pas le plus important. S'ils démarraient et s'ils faisaient 1 mètre 50 ou 2 mètres, on voyait que... //	PEI : Définir des problèmes (37) Genre de discours : hybride (37) Posture énonciative : sous-énonciation (37 par rapport 36) Mode de reformulation : reformulation ascendante (37 par rapport à 36)
27-CWI	(38) (OD : L'évaluation régulatrice au sein d'un PCT : Questionnement sur les modalités d'évaluation et les défis liés à l'articulation conception-réalisation / TE : QUESTIONNER / SM sur la réalisation) Et puis, je voulais te poser une question en fait par rapport à ce que tu as dit comment tu fais pour évaluer justement en cours d'apprentissage ? Est-ce que tu t'es déjà posé la question : qu'est-ce que les enfants doivent savoir à tel moment ? Enfin, comment tu peux évaluer ? //	PEI : Référence globale au PCT (38) Genre de discours : premier (38) Posture énonciative : sous-énonciation (38 par rapport à 33) Mode de reformulation : reformulation ascendante (38 par rapport à 33)
28-AGA	(39) (OD : L'évaluation régulatrice au sein d'un PCT : Questionnement sur les modalités d'évaluation / TE : EXPLIQUER) Bien j'ai fait l'analyse a priori de tout ce qui allait se passer quoi et puis ben je me suis fait une grille je peux vous la montrer elle est là et puis j'ai tout mis maintenant, j'ai tout balancé sur le cloud. //	PEI : Référence globale au PCT (39) Genre de discours : premier (39) Posture énonciative : coénonciation (39 par rapport à 33-38) Mode de reformulation : reformulation ascendante (39 par rapport à 33-38)
29-CWI	(40) (OD : L'évaluation régulatrice au sein d'un PCT : Questionnement sur les modalités d'évaluation / TE : APPRÉCIER) Moi je trouve ça super intéressant parce que ça n'évalue pas que le travail final, mais ça évalue tout le processus, tout ce qu'ils ont appris, tout ce qui les a fait avancer, enfin. //	PEI : Référence globale au PCT (40) Genre de discours : premier (40) Posture énonciative : sous-énonciation (40 par rapport à 33) Mode de reformulation : reformulation paraphrastique (40 par rapport à 33)
30-AGA	// (41) (OD : L'évaluation régulatrice au sein d'un PCT : la modélisation comme point de départ et la prise en compte de la dimension sociale de l'activité / TE : APPRECIER-DECRIRE-PRIORISER / SM sur la modélisation) J'ai commencé l'évaluation depuis le moment où ils ont commencé à faire leur schéma, la situation problématisante. Là, j'ai commencé à poser des questions, j'ai regardé aussi le côté social. J'ai aussi évalué ça comment ça fonctionnait dans les groupes et tout. Pour moi, c'étaient aussi des points importants. Et puis, globalement ça a assez bien marché sauf un groupe où dès le début j'ai vu qu'ils ne pouvaient pas s'entendre sur des idées parce qu'ils étaient frustrés quoi. Ils ne pouvaient pas aller d'un côté ou de l'autre et puis je me suis dit bon ben au lieu de faire un groupe de 4 je fais deux groupes de 2 et puis ça fera deux émergences de deux choses différentes et puis voilà quoi, plutôt que y'en ait un qui regarde l'autre comme ça parce que... //	PEI : Analyser et modéliser (41) Genre de discours : hybride (41) Posture énonciative : coénonciation (41 par rapport à 33-39) Mode de reformulation : reformulation ascendante (41 par rapport à 33-39)
31-CH1	(42) (OD : L'évaluation régulatrice au sein d'un PCT : la modélisation comme point de départ et la prise en compte de la dimension sociale de l'activité / TE : APPRECIER-QUESTIONNER) Super. Est-ce que vous avez des questions ? Une des deux équipes ou on prend la petite pause ? Je vous propose que... Oui ? //	PEI : Analyser et modéliser (42) Genre de discours : premier (42) Posture énonciative : sous-énonciation (42 par rapport à 41) Mode de reformulation : reformulation descendante (42 par rapport à 41)
32-JME	(43) (OD : La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype / TE : APPRECIER-COMPARER-QUESTIONNER / SM sur la conception) J'avais juste une petite remarque. C'était assez intéressant justement dans la classe d'AGA. On a quand même vu bien la différence entre garçons et filles. Les filles, elles sont tout de suite parties dans leur idée de leur véhicule : il faut mettre de la peinture, il faut le décorer tandis que les garçons ils n'en avaient rien à faire de ça au départ. Peut-être qu'à la fin ils ont quand même fait ? //	PEI : Générer et sélectionner des solutions (43) Genre de discours : premier (43) Posture énonciative : neutre (43) Mode de reformulation : formulation première (43)



31-AGA	(44) (OD: La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype / TE: RECONNAITRE) Ah oui ils ont fait! //	<b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (44) <b>Genre de discours:</b> premier (44) <b>Posture énonciative:</b> sous-énonciation (44 par rapport à 43) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation paraphrastique (44 par rapport à 43)
34-JME	(45) (OD: La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype / TE: EXPLIQUER), Mais au début, pour les filles, il fallait d'abord l'esthétique. C'était important. //	<b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (45) <b>Genre de discours:</b> premier (45) <b>Posture énonciative:</b> sous-énonciation (45 par rapport à 43) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (45 par rapport à 43)
35-AGA	(46) (OD: La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype / TE: COMPARER) Ce n'était pas toutes les filles, mais... //	<b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (46) <b>Genre de discours:</b> premier (46) <b>Posture énonciative:</b> opposés (par rupture) (46 par rapport à 45) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (46 par rapport à 45)
36-JME	(47) (OD: La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype / TE: ARGUMENTER-RECONNAITRE) Pas toutes, mais quand même. //	<b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions (47) <b>Genre de discours:</b> premier (47) <b>Posture énonciative:</b> coénonciation (47 par rapport à 46) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation paraphrastique (47 par rapport à 46)
37-AGA	(48) (OD: La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype / TE: PRIORISER), Mais c'était, un des points importants aussi. //	<b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (48) <b>Genre de discours:</b> premier (48) <b>Posture énonciative:</b> coénonciation (48 par rapport à 45) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation paraphrastique (48 par rapport à 45)
38-LRA	(49) (OD: Les modalités d'organisation du travail lors de la conception d'un prototype / TE: COMPARER) Ouais mais, vous avez mis les filles ensemble et les garçons ensemble, parce que chez nous on a mixé tout ça. //	<b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (49) <b>Genre de discours:</b> premier (49) <b>Posture énonciative:</b> neutre (49) <b>Mode de reformulation:</b> formulation première (49)
39-AGA	(50) (OD: Les modalités d'organisation du travail lors de la conception d'un prototype / TE: EXPLIQUER / SM sur la conception) Alors, j'ai laissé faire les groupes comme ils voulaient. Enfin, par affinité d'idées parce que quand on avait fait l'histoire avec les étiquettes [en référence à une activité de remue-méninges] et tout et puis après quand on est passé à la situation problématisante, y'avait des filles qui étaient ensemble et tout d'un coup elles se sont séparées quoi parce qu'elles voulaient faire des choses différentes et puis, finalement, mais je ne crois pas que y'ait des filles qui ait travaillé avec des garçons. //	<b>PEI:</b> Définir des problèmes (50) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (50) <b>Genre de discours:</b> hybride (50) <b>Posture énonciative:</b> sous-énonciation (50 par rapport à 49) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (50 par rapport à 49)
40-JME	(51) (OD: Les modalités d'organisation du travail lors de la conception d'un prototype / TE: ARGUMENTER) Non, pour finir y'a eu deux groupes de filles. //	<b>PEI:</b> Définir des problèmes (51) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (51) <b>Genre de discours:</b> premier (51) <b>Posture énonciative:</b> coénonciation (51 par rapport à 50) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (51 par rapport à 50)
41-AGA	(52) (OD: La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype / TE: APPRECIER-EXPLIQUER-PRIORISER) Donc, trois groupes de filles. Trois groupes je crois les filles. Et puis, mais ça ne dérangeait pas qu'elles fassent l'esthétique et tout ça parce qu'un des points c'était l'aérodynamique. Et puis, elles ont fait des trucs bien arrondis. Elles ont, dans les ateliers de modélisation, y'avait ce point-là [en référence à une contrainte de réalisation du cahier des charges] qui était important, donc c'est aussi dans le tir. //	<b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions (52) Analyser et modéliser (52) <b>Genre de discours:</b> hybride (52) <b>Posture énonciative:</b> sur-énonciation (52 par rapport à 45) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (52 par rapport à 45)
42-JME	(53) (OD: La priorisation des aspects esthétiques dans la conception d'un prototype / TE: ARGUMENTER / SM sur la conception), Mais au départ, très très vite elles sont parties avec la peinture. D'abord, on pense à l'esthétique et petit à petit on viendra au problème. //	<b>PEI:</b> Définir des problèmes (53) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (53) <b>Genre de discours:</b> second (53) <b>Posture énonciative:</b> sur-énonciation (53 par rapport à 45) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (53 par rapport à 52)



43-AGA	(54) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée (créative, réflexive ou technique) en jeu dans un PCT : la construction de dispositifs et la posture technique des élèves / TE : ARGUMENTER / SM d'ordre épistémologique sur le PCT) Bon après, y'en a quand même une dans ce groupe-là qui étaient plus techniques, qui me construisaient des trucs à côté du véhicule officiel qui était en train de se construire, qui testait des trucs. Elle construisait des dispositifs pour voir pour pas que les roues frottent. Ils n'ont pas monté ça sur leur véhicule pour finir, mais comme quoi, voilà. //	PEI : Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (54) Expérimenter et évaluer (54) Genre de discours : second (54) Posture énonciative : sur-énonciation (54 par rapport à 53) Mode de reformulation : reformulation ascendante (54 par rapport à 53)
44-JME	(55) (OD : L'évaluation régulative au sein d'un PCT : la nécessité de faire des essais / TE : RECONNAITRE) Ils ont fait des essais. //	PEI : Expérimenter et évaluer (55) Genre de discours : second (55) Posture énonciative : sous-énonciation (55 par rapport à 54) Mode de reformulation : reformulation descendante (55 par rapport à 54)
45-CH1	D'accord. //	
46-BMA	Ouais, on ne peut pas, on a très peu de filles chez nous. //	
47-CH1	Vous avez très peu de filles c'est ça, donc peut-être un jour, si vous insufflez, si vous faites plus de technologie dans plusieurs années y'aura peut-être plus de filles à la haute école d'ingénierie qu'à l'école des métiers. On verra. //	
48-AGA	(56) (OD-La production d'une solution technique optimale / TE : APPRECIER-COMPARER), Mais finalement les véhicules des filles étaient tout aussi techniques que ceux des garçons, donc y'avait pas...//	PEI : Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (56) Genre de discours : hybride (56) Posture énonciative : sur-énonciation (56 par rapport à 53-54) Mode de reformulation : reformulation ascendante (56 par rapport à 53-54)
49-JME	(57) (OD : La production d'une solution technique optimale / TE : RECONNAITRE) Ah oui finalement y'avait plus la différence, mais c'était au départ c'est ça qui était intéressant. //	PEI : Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (57) Genre de discours : premier (57) Posture énonciative : coénonciation (57 par rapport à 56) Mode de reformulation : reformulation paraphrastique (57 par rapport à 56)
50-CH1	Bon ! On va au café ? Je vous propose une quinzaine de minutes. Est-ce que ça va ? (Acquiescement général) //	
<b>Deuxième partie du débat d'expert-es</b>		
51-CH1	(58) (OD : La modélisation comme activité intégrée au PCT / TE : METTRE EN RELATION-QUESTIONNER) Je vous invite à ce qu'on redémarre. On prend juste un petit 25 minutes. Ce que je vous propose, c'est une version allégée de l'entretien par rapport à ce qu'on avait prévu. L'idée c'est qu'on va entrer un peu plus dans un petit débat d'experts. Donc, ce que je vous propose de faire, c'est d'entrer un peu plus en profondeur sur le processus de conception sur deux objets, vous allez choisir. On n'a pas le temps de tout voir et ce n'est pas plus grave : soit sur le processus de conception, soit sur la modélisation. Vous choisissez ce que vous voulez. L'idée, c'est que vous regardez par rapport au processus de conception des moments où vous vous dites : « à ce moment-là, mes élèves étaient vraiment des petits ingénieurs ». Autrement dit, ils avaient la casquette ou la posture des petits ingénieurs quand on a fait telle ou telle phase de mon processus de conception. Je dis mon processus de conception parce que vous en avez fait un que vous aviez mis à votre goût. L'annexe 1 que j'ai mis ici, c'est un support pour donner à penser. Vous disiez que vous aviez dessiné, par exemple au cycle 1, votre propre processus de conception que vous avez mis en œuvre en classe. AGA en avait fait un autre pour le cycle 2. Il ne suffit pas de m'expliquer tout votre processus. On l'avait déjà vu, mais peut-être de me dire : à tel moment, par exemple le brainstorming, je dis n'importe quoi, mes élèves ont fait tel ou tel aspect, ou à tel moment ils ont fait de la modélisation. CGU a ouvert la question de la modélisation. D'autres collègues, est-ce que vous avez fait de la modélisation et comment ça s'est fait dans votre classe ? L'idée, je reviens à mon schéma aussi qui est hyper important afin que vous puissiez m'illustrer des moments de classe de votre pratique qui renvoie à un concept théorique. On prend soit le processus de conception soit la modélisation, mais le processus est un peu long. Vous pouvez juste prendre des phases. Vous racontez, vous pouvez vous lever, sortir une affiche, aller montrer un véhicule à vos collègues. En fait, vous nous donnez à voir ces moments-là. Les ingénieurs, vous pouvez poser des questions. On prend 30 minutes au maximum et puis après on fait la conclusion et on discute des autres choses. Ça vous va ? Les feuilles que j'ai mises ici c'est juste pour donner des idées. //	PEI : Référence globale au PCT et à la modélisation (58) Genre de discours : second (58) Posture énonciative : sous-énonciation, neutre (58) Mode de reformulation : formulation première (58)



52-CGU	<b>(59) (OD : La modélisation comme activité intégrée au PCT / TE : QUESTIONNER)</b> Ça on fait par groupe, comme ça ce n'est pas tous ensemble? //	<b>PEI :</b> Référence globale au PCT et à la modélisation (59) <b>Genre de discours :</b> premier (59) <b>Posture énonciative :</b> sous-énonciation (59 par rapport à 58) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation descendante (59 par rapport à 58)
53-CH1	<b>(60) (OD-La modélisation comme activité intégrée au PCT / TE: DECRIRE-QUESTIONNER)</b> Ce que je vous conseille de faire, c'est que vous vous levez par exemple, vous dites: moi j'ai envie de parler de la <b>modélisation</b> , j'ai deux points à vous montrer, un véhicule ou peu importe, on laisse ça tout ouvert. D'accord, modalité est très ouverte. Je sais qu' <i>ELE</i> a envie de poser une question à André, qui a expliqué son processus de conception. <i>ELE</i> tu pourras bien entendu poser ta question. //	<b>PEI :</b> Référence globale au PCT et à la modélisation (60) <b>Genre de discours :</b> second (60) <b>Posture énonciative :</b> sous-énonciation (60 par rapport à 58) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation descendante (60 par rapport à 58)
54-ELE	<b>(61) (OD : La dimension itérative d'un PCT: l'évaluation des prototypes et le remue-ménages / TE: APPRECIER-DEFINIR-DESIGNER-METTRE EN RELATION-QUESTIONNER)</b> Oui, enfin moi j'ai trouvé très très intéressante votre approche, notamment parce que quand on fait de l'ingénierie et du développement de produit surtout, on développe un <b>cycle en V</b> . Je ne sais pas si ça vous parle le développement avec toute une <b>phase de conception</b> , de <b>définition</b> dans le <b>cahier des charges</b> , de <b>réalisation sur une branche de V</b> , et puis toute une <b>phase de vérification</b> , c'est l'autre branche du V. Et puis, la <b>vérification</b> , en général, on la fait en face d'une <b>expression de conception</b> . Et puis, vous avez au départ fait un <b>brainstorming</b> dans lequel vous avez, par thématique, mis des étiquettes, etc. Et à l'arrivée y'a une voiture, enfin plusieurs voitures qui ont été créées, ma question c'était: est-ce que vous avez fait le lien entre les idées de départ que vous avez structurées et la voiture finale? Donc la <b>vérification</b> finalement entre le <b>cahier des charges initial</b> et la <b>réalisation</b> de la voiture? //	<b>PEI :</b> Définir des problèmes (61) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (61) Expérimenter et évaluer (61) <b>Genre de discours :</b> second (61) <b>Posture énonciative :</b> coénonciation (61 par rapport à 16-17-58) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (61 par rapport à 16-17-58)
55-AGA	<b>(62) (OD : La dimension itérative du PCT: l'évaluation des prototypes et le remue-ménages / TE: INTERPRÉTER / SM sur l'évaluation)</b> Alors le lien s'est effectué quand on a posé les <b>défis</b> [en référence au cahier des charges]. C'était ce qui liait les deux choses, donc il fallait que la voiture remplisse ces <b>défis</b> [en référence au cahier des charges], les <b>défis</b> [en référence au cahier des charges] ont été posés par rapport à ces idées où on a fait des classements avec les étiquettes [en référence au remue-ménages] et c'était ça qui faisait. //	<b>PEI :</b> Définir des problèmes (62) Expérimenter et évaluer (62) <b>Genre de discours :</b> premier (62) <b>Posture énonciative :</b> sous-énonciation (62 par rapport à 61) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (62 par rapport à 61)
56-ELE	<b>(63) (OD: La définition du cahier des charges / TE: DESIGNER-INTERPRETER-METTRE EN RELATION)</b> Donc vous avez défini finalement les <b>défis</b> [en référence au cahier des charges]. Pour nous, c'est un <b>cahier des charges</b> et à la fin vous avez la voiture et vous avez fait le lien par rapport aux <b>défis</b> . //	<b>PEI :</b> Définir des problèmes (63) Genre de discours: hybride (63) <b>Posture énonciative :</b> sur-énonciation (63 par rapport à 62) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (63 par rapport à 61-62)
57-AGA	<b>(64) (OD : La définition du cahier des charges / TE: RECONNAÎTRE / SM sur la problématisation)</b> Voilà. //	<b>PEI :</b> Définir des problèmes (64) Expérimenter et évaluer (64) <b>Genre de discours :</b> premier (64) <b>Posture énonciative :</b> coénonciation (64 par rapport à 63) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation paraphrastique (64 par rapport à 63)
58-ELE	<b>(65) (OD : L'évaluation régulatrice au sein d'un PCT : la prise en compte du cahier des charge / TE : QUESTIONNER)</b> Lors de la présentation? //	<b>PEI :</b> Définir des problèmes (65) Communiquer et prendre des décisions (65) <b>Genre de discours :</b> premier (65) <b>Posture énonciative :</b> sous-énonciation (65 par rapport à 62) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (65 par rapport à 62)
59-AGA	<b>(66) (OD : L'évaluation régulatrice au sein d'un PCT: la prise en compte du cahier des charges / TE: APPRECIER-CITER-EXPLIQUER / SM sur la problématisation)</b> Alors dans la présentation, on regardait si les <b>défis</b> [en référence au cahier des charges] étaient remplis. Et puis après y'avait des <b>défis</b> [en référence à une fonction technique] plus simples. Y'avait: «un véhicule doit transporter de la marchandise ou une personne», alors ils avaient mis un petit Playmobil dedans donc c'était ça le faisait [en référence à une solution technique]. Donc, ils devaient aménager quand même un espace. Et puis, le lien c'est fait par rapport aux <b>défis</b> [en référence au cahier des charges]. En revanche, les <b>défis</b> [en référence au cahier des charges] étaient assez bien implémentés dans leur esprit, je ne devais pas rappeler	<b>PEI :</b> Définir des problèmes (66) Expérimenter et évaluer (66) Communiquer et prendre des décisions (66) <b>Genre de discours :</b> premier (66) <b>Posture énonciative :</b> sous-énonciation (66 par rapport à 61-63-64-65) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (66 par rapport à 61-63-64-65)



à chaque fois : attention ne t'es pas dans le défi [en référence au cahier des charges]. Ils avaient quand même naturellement toujours les défis [en référence au cahier des charges] à l'esprit et y'a eu à faire refaire les choses parce qu'ils étaient partis complètement de travers donc ils sont vraiment restés dans les buts de ce qu'on avait posé [en référence au cahier des charges]. Mais, c'est vrai qu'on aurait pu faire après une synthèse, mais juste pas vraiment eu le temps de se dire : alors voilà j'ai vu d'où on est parti, y'avait ça pis maintenant effectivement y'a ça. C'est peut-être ce qui a manqué. J'y penserai pour une prochaine fois. On est parti de mots pis finalement effectivement y'a un véhicule. //

60-LRA	<p><b>(67) (OD : La modélisation comme activité intégrée au PCT : aide à la réalisation et l'évaluation des prototypes / TE : ARGUMENTER-DECRIRE-DIFFERENCIER-SE QUESTIONNER / SM sur la modélisation)</b> Moi, je n'ai pas du tout fait ça. J'ai fait par palier, c'est-à-dire quand on a fait le projet, le premier projet <u>en dessin</u> [en référence au schéma de principe ou de conception], une fois qu'on a commencé la <u>réalisation</u>, on est reparti du projet <u>en dessin</u> [en référence au schéma de principe ou de conception]. Après, quand on a fait la première <u>réalisation</u>, au moment où on a fait les constats de ce qui n'allait pas et qu'on a commencé la deuxième, on est reparti de la <u>réalisation</u>, mais jamais depuis le projet parce qu'il était non réalisable dans la plupart des cas. Donc, en fait se redire à chaque fois « ouais mon véhicule il n'avait pas marché », je crois que ça ils avaient compris. Mais, c'est vrai que peut-être depuis la première <u>réalisation</u> jusqu'à la troisième, j'aurais peut-être pu revenir en arrière sur la première <u>réalisation</u>, mais en même temps, c'est ce qu'on a fait quand vous étiez venu dans la classe en analysant chaque <u>prototype</u> : ils sont repartis avec de nouvelles bases et ils les ont améliorés. Je ne sais pas, je ne sais pas s'il y a un intérêt en fait une fois que ça marche de reprendre, de reconstater en fait que...? //</p>	<p><b>PEI :</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (67) Analyser et modéliser (67) Expérimenter et évaluer (67) <b>Genre de discours :</b> hybride (67) <b>Posture énonciative :</b> opposés (par rupture) (67 par rapport 66) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (67 par rapport 66)</p>
61-ELE	<p><b>(68) (OD : La dimension itérative d'un PCT : l'évaluation des prototypes avec le cahier des charges / TE : EXPLIQUER INTERPRÉTER)</b> Non, en fait au départ toute la partie <u>conceptualisation</u> est <u>itérative</u>. Donc effectivement y'a toutes ces étapes les trois premières étapes que vous avez vécues par exemple ou x étapes, laisser un <u>cahier des charges</u> quelque part figé et réalisable et ensuite vous avez votre véhicule et vous vérifiez que votre véhicule correspond à votre <u>cahier des charges</u> figé. Mais pas revenir sur la version antérieure qui n'était pas réalisable. //</p>	<p><b>PEI :</b> Définir des problèmes (68) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (68) Expérimenter et évaluer (68) <b>Genre de discours :</b> second (68) <b>Posture énonciative :</b> sur-énonciation (68 par rapport 67) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (68 par rapport 67)</p>
62-LRA	<p><b>(69) (OD : La dimension itérative d'un PCT : l'évaluation des prototypes avec le cahier des charges / TE : RECONNAITRE / SM sur l'évaluation)</b> Ah ouais! /</p>	<p><b>PEI :</b> Définir des problèmes (69) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (69) Expérimenter et évaluer (69) <b>Genre de discours :</b> premier (69) <b>Posture énonciative :</b> coénonciation (69 par rapport 68) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation paraphrastique (69 par rapport à 68)</p>
63-CH1	<p>Oui ça peut être les ingénieurs, vous posez des questions aux enseignants sur le processus de conception, <i>VBO</i>? //</p>	
64-VBO	<p><b>(70) (OD : La dimension itérative du PCT : les défis liés à l'articulation conception-réalisation / TE : APPRECIER-ARGUMENTER-METTRE EN RELATION- QUESTIONNER)</b> En fait, ce qui est rigolo sur le <u>cycle en V</u>, il est très utile quand on a un contrat avec quelqu'un, on doit délivrer quelque chose. Cependant, dans un processus d'apprentissage, au premier bond, c'est difficile de faire le <u>cycle en V</u> sur quelque chose qu'on n'a pas encore fait, sur une chose sur laquelle on n'a pas d'expérience. Et puis, finalement ce qu'on adore en tant qu'ingénieur, c'est le chemin plus que l'objectif et c'est vrai que très souvent, quand on fait quelque chose de nouveau qu'on ne connaît pas que l'on va s'écarter du chemin et puis quelque part ce <u>V</u>, il ne va pas partir beau droit pour revenir à la situation de départ. En même temps, ce qu'on souhaite c'est de petit à petit s'adapter. Cependant, ce qui est super c'est de définir des <u>défis</u> [en référence au cahier des charges] parce que le <u>défi</u> [en référence au cahier des charges], y'a l'idée du jeu derrière, y'a l'idée du concours, de pouvoir mesurer ce qu'on en fait et ça c'est quelque chose de motivant et qui permet quelque part de mettre une lumière au bout du chemin en disant : Ah ben peut-être c'est par là qu'il faudrait qu'on aille. Mais, c'est vrai que sur un processus d'apprentissage, ce qui est joli c'est de suivre le chemin, de partir dans la direction de ce qu'on souhaite et puis après d'apprendre parce que finalement on regarde souvent un peu ce qu'on découvre au fur et à mesure de... //</p>	<p><b>PEI :</b> Définir des problèmes (70) Expérimenter et évaluer (70) <b>Genre de discours :</b> hybride (70) <b>Posture énonciative :</b> sous-énonciation (70 par rapport 68) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (70 par rapport 66-67-68)</p>



65-CH2	<p>(71) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée en jeu dans un PCT : la pensée créative et la pensée réflexive / TE : APPRECIER-METTRE EN RELATION-QUESTIONNER), Mais, c'est intéressant parce qu'à quel moment est-ce qu'on va favoriser la créativité, l'invention, etc. ? Et à quel moment ça sera plutôt l'esprit objectif, l'argumentation, peut-être le <b>cahier des charges</b> pour les ingénieurs apparemment vous parlez de ça ? Mais, les objectifs du côté de l'enseignement, comment vous en tant qu'enseignant vous jonglez avec ça ? Ou les ingénieurs aussi ? André tu disais ? //</p>	<p>PEI : Référence globale au PCT (71) Genre de discours : hybride (71) Posture énonciative : neutre (71) Mode de reformulation : formulation première (71)</p>
66-AGA	<p>(72) (OD : La compréhension du fonctionnement d'un système ou de grandeurs physiques dans la réalisation d'un prototype/ TE : APPRECIER-CITER-COMPARER-EXPLIQUER) Moi j'ai trouvé que c'était un peu la difficulté : c'était très espacé comme tu viens de le relever. Mais, après c'est marrant parce qu'avec les grands ce sont les mêmes problématiques et là avec VBO on trouvait super quand il était dans la classe. À cet âge-là, ils ont des questions qui sont vraiment proches de la problématique. Ce n'est pas comme les étudiants qui quelquefois n'osent pas poser la question parce qu'ils ont peur de pas montrer qu'ils ne savent pas, ou je ne sais pas quoi. Mais, moi c'est pour ça que j'ai fait les <b>ateliers de modélisation</b> assez structurés parce qu'ils ont les mêmes représentations que les petits en fait. Ils ont leurs représentations et ce n'est jamais vraiment juste et tout d'un coup y'en a qui envoient le vrai terme, chez les plus grands : la gravité ou le frottement, pis tu es obligé de le prendre quoi ! Et en fait, ça ne représente pas grand-chose, mais chez vous les plumes, c'est léger donc c'est normal que ça vole et puis là j'ai fait les ateliers sur 5-6 concepts pas plus et après ils se les représentent bien, mais c'est quand même difficile pour eux de réinvestir, dans la <b>phase de création</b>. Après, quand je vais comme toi tu allais, tu posais des questions je disais : « vous vous rappelez là, regardez un peu là, ah ouais ça touche. C'était quoi le problème ? Ah ouais, ça frotte c'est le frottement. Donc qu'est-ce qu'on peut faire ? Ah on peut... » Mais, c'est toujours, je pense que c'est le défi pédagogique, à chaud dans les activités d'apprentissage, qu'on soit avec eux et qu'on dialogue et qu'on relance le truc et puis on est toujours frustrés parce qu'on manque de temps. Parce qu'on voit qu'ils ont de bonnes idées et à un moment donné on doit dire : « là maintenant, il faut <b>décider</b>, on a dit qu'on faisait ça, on fait ça ». Mais, c'est aussi ça qui est intéressant dans notre job parce que c'est varié, ce n'est pas du Betty Bossy. //</p>	<p>PEI : Référence au caractère interdisciplinaire du PCT (72) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (72) Analyser et modéliser (72) Communiquer et prendre des décisions (72) Genre de discours : second (72) Posture énonciative : neutre (72) Mode de reformulation : formulation première (72)</p>
67-CH2	<p>(73) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée en jeu dans un PCT : la pensée créative et la pensée réflexive / TE : METTRE EN RELATION-QUESTIONNER) Ouais, mais alors les ingénieurs vous favorisez quoi ? Plutôt l'argumentation ou plutôt l'esprit créatif ? //</p>	<p>PEI : Référence globale au PCT (73) Genre de discours : hybride (73) Posture énonciative : sous-énonciation (73 par rapport 71) Mode de reformulation : reformulation paraphrastique (73 par rapport 71)</p>
68-BMA	<p>(74) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée en jeu dans un PCT : la pensée créative et la pensée réflexive : la pensée créative et la pensée réflexive et le remue-méninges / TE : DEFINIR-DÉSIGNER-EXPLIQUER-INTERPRETER-METTRE EN RELATION-SE QUESTIONNER) Je me posais une question que je me posais avant quand vous parliez. On est parti des tout petits aux tout grands et je me disais que les sciences et la technique tuent la créativité parce que, je m'explique : par rapport aux petits, on a ces idées qui sortent, ces idées qu'on peut classer dans l'imaginaire, dans la réalité et puis on les laisse finalement créer. Alors que dès qu'on commence à comprendre la physique on se dit : mais de toute façon cette solution-là, il faut la balayer. Et puis, chez nous on essaie dans la phase, ce qu'on appelle le <b>brainstorming</b>, donc la première phase où vous sortez les idées, vous les mettez sur les <b>petits billets, une idée sur un billet</b>, on essaie de dire à ce moment-là : on oublie la physique, on oublie ce qui est faisable et ce qui n'est pas faisable et on sort toutes les idées qu'on a pour ressortir la créativité. Mais après finalement quand on évalue ces idées-là, alors vous parlerez de ça mieux que moi parce que vous faites vraiment de la <b>conception</b>, on doit quand même avoir des critères et on revient dans le monde réel. Mais j'ai l'impression que la formation d'ingénieurs, on doit dire que ce sont des gens créatifs, mais on tue un petit peu la créativité ce que ne font pas nos amis architectes par exemple qui eux sont beaucoup moins sur le <b>fonctionnel</b> et beaucoup plus sur le créatif. Donc, il y a un peu cet équilibre à faire entre créativité et que ça va fonctionner. Peut-être VBO ou BBU vous pouvez compléter ? //</p>	<p>PEI : Référence globale au PCT (74) Genre de discours : second (74) Posture énonciative : sous-énonciation (74 par rapport 61-62) Mode de reformulation : reformulation ascendante (74 par rapport 61-62), descendante</p>



69-BBU	<p><b>(75) (OD : La production d'une solution technique optimale: l'influence du temps à disposition / TE: EXPLIQUER-METTRE EN RELATION)</b> On a aussi souvent un problème de temps (<i>rire général</i>). C'est pour ça qu'on choisit peut-être la <b>solution plus sûre</b> plutôt que la <b>solution la plus innovante</b>. Même dans l'industrie c'est le cas. //</p>	<p><b>PEI:</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (75) <b>Genre de discours:</b> second (75) <b>Posture énonciative:</b> coénonciation (75 par rapport à 74) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation paraphrastique, ascendante (75 par rapport à 74)</p>
70-VBO	<p><b>(76) (OD : La compréhension du fonctionnement d'un système ou de grands physiques dans la réalisation d'un prototype / TE: APPRECIER-EXPLIQUER-METTRE EN RELATION-INTERPRETER)</b> C'est peut-être aussi lié à la façon dont on apprend la physique, parce que quelque part elle est écrite dans les livres. On retrace les grandes expériences du passé, Faraday et toute cette équipe, et puis on nous montre, alors dans le meilleur des cas on nous montre une expérience où c'est déjà tout monté, on presse sur un bouton et c'est fantastique y'a un machin qui bouge ou quelque chose comme ça. Mais je pense que, là ce que j'ai retenu, ce qui est super c'est de les faire travailler et se poser des questions et quelque part qu'ils arrivent par eux-mêmes à l'expérience et le fait de créer l'expérience qui permet d'apprendre la physique. Je pense que c'est quelque chose qui est... où on met de la créativité quelque part pour comprendre le phénomène et ça je pense que c'est quelque chose qui permet de lier un peu les deux parce que c'est vrai qu'il y a, par exemple de ce qu'avait fait André et puis aussi sur ce que vous aviez fait sur les parachutes, ce qui était génial, c'étaient les petites expériences. De confronter une expérience, pour comprendre quelque part le fonctionnement, comment ça marche et puis ça je trouve que c'est quelque chose de fort et c'est difficile en même temps parce que y'a une observation qui se fait, y'a une compréhension à développer et puis très souvent, bon ça tombe aussi chez nous, on explique quelque chose et on est très content à la fin du cours parce qu'on a bien expliqué pis en fait non ça colle pas, parce qu'entre l'observation, la compréhension consciente et jusqu'à ce qu'on en tire les conséquences et qu'on arrive à appliquer, ben y'a tout un chemin encore à réaliser. Par contre, ce qui était super c'était les expériences dont on avait parlé avec AGA qui avait fait une expérience où on pouvait pousser un véhicule avec un angle et toutes les questions qui sont sorties autour de cet angle et aussi toute la difficulté finalement de l'expliquer simplement, parce qu'il faut passer par la quantité de mouvement... ça fait longtemps qu'on n'a plus expliqué la quantité de mouvement, alors on commence à réfléchir et en fait la première réponse intelligente que j'ai pu trouver c'est que j'avais pas de réponse et que je devais encore attendre la prochaine fois pour pouvoir l'expliquer donc c'était pour... Et puis, je pense que ce questionnement était vraiment intéressant, mais surtout ce que je trouvais absolument génial c'est que finalement l'interaction qu'on avait avec eux des petits aux plus grands nous faisait aborder tous les thèmes de la physique parce qu'en fait une question en appelait une autre. Ce qui fait qu'en une heure on est passé d'un sujet à l'autre et puis on voit la richesse de leur curiosité à travers cet atelier et ça je trouvais absolument incroyable. //</p>	<p><b>PEI:</b> Référence au caractère interdisciplinaire du PCT (76) Analyser et modéliser (76) <b>Genre de discours:</b> premier (76) <b>Posture énonciative:</b> sur-énonciation (76 par rapport à 72) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation ascendante (76 par rapport à 72)</p>
71-CH1	<p><b>(77) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée en jeu dans un PCT/ TE: DIFFERENCIER-QUESTIONNER-METTRE EN RELATION)</b> Moi, j'ai une question à vous poser parce qu'on voit que dans le monde de l'ingénierie, dans la pratique de l'ingénieur, on fait appel aux sciences, aux concepts scientifiques. Et puis souvent je pense à l'école on fait des sciences par rapport à la technologie ou bien on fait du bricolage ou d'autres disciplines scolaires et y'a des enjeux que nous avons parlés au début de la communauté: on a parlé de démarche scientifique, <b>démarche de conception d'objets techniques</b>. Si je vous demandais un peu parce que vous avez aussi en même temps fait des schémas du <b>processus de conception, quelles sont les tâches qui relèvent du petit ingénieur et non du scientifique?</b> Si vous arriveriez à me dire les principales tâches de vos schémas, les tâches du petit ingénieur ce sont lesquelles? Quelles sont ces différentes tâches, sans nécessairement lire sur mes schémas? Qu'est-ce que vous avez retenu? Des tâches où vraiment vous vous dites à ce moment-là l'élève est dans une posture [du petit ingénieur] et non dans un questionnement de comprendre un phénomène en sciences? Vous voyez la différence? Le regard est un peu différent. J'aimerais vous entendre par rapport à ça. Ce n'est quand même pas simple. //</p>	<p><b>PEI:</b> Référence globale au PCT et au caractère interdisciplinaire du PCT (76) La communauté discursive disciplinaire scolaire: manières spécifiques de penser, agir et parler d'un-e élève dans une posture de l'ingénieur-e <b>Genre de discours:</b> second (77) <b>Posture énonciative:</b> sous-énonciation (77 par rapport à 58) <b>Mode de reformulation:</b> reformulation paraphrastique (77 par rapport à 58)</p>



72-AGA	<p><b>(78) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée (créative, réflexive ou technique) en jeu dans un PCT : la pensée créative dans le PCT et la double posture scientifique-ingénieur-e / TE : APPRECIER-EXPLIQUER-DIFFERENCIER-METTRE EN RELATION / SM d'ordre épistémologique sur le PCT)</b> Je dirais que l'activité de conception c'est le niveau le plus haut, parce que c'est le réinvestissement de choses qu'on a déjà vues, comprises et tout ça. Et puis après, justement, c'est là qu'on doit les ramener à l'aspect plus scientifique, mais sans les frustrer. Donc à un moment donné, on doit leur dire y'a un problème là. On doit les soutenir, les aider ou mettre quelque chose autour pour qu'ils puissent résoudre une problématique, et puis c'est la créativité qui fait pour moi qu'ils sont des petits ingénieurs, parce que si c'est feuille blanche et qu'il n'y a rien qui sort, ben voilà. Mais dès qu'ils partent avec quelque chose, de toute façon pour moi ils sont partis dans une <b>idée de développement, de créer</b> quelque chose. Après y'a différentes contraintes qu'on peut mettre, moi j'avais mis des défis, on avait fixé des défis [en référence au cahier des charges], mais c'est difficile après de les rendre que scientifiques, qu'ingénieurs et de les dissocier. //</p>	<p><b>PEI :</b> Approche interdisciplinaire du PCT (78) Référence globale au PCT (78) <b>Genre de discours :</b> hybride (78) <b>Posture énonciative :</b> neutre (78) <b>Mode de reformulation :</b> formulation première (78)</p>
73-CH1	<p><b>(79) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée en jeu dans un PCT : la pensée technique / TE : DEFINIR-DIFFERENCIER-RECONNAITRE-QUESTIONNER)</b> Je suis d'accord, y'a des liens avec les sciences, mais en fait ça renvoie un peu à la <b>pensée technique</b>. Qu'est-ce que c'est un peu la pensée technique? Bon la <b>pensée technique, c'est de créer, de schématiser</b>, par exemple. Est-ce qu'il y a d'autres tâches, que vous voyez qu'elles relèvent plus de la <b>technique</b>, que vous avez fait faire à vos élèves? Moi, je sais que vous avez fait faire plein de tâches techniques qui ne sont pas des tâches scientifiques. Est-ce que vous pourriez m'en pointer quelques-unes? Je vous embête avec mes questions, mais c'est fondamental en fait, c'est parce que la <b>démarche, le processus de conception de l'objet technique, ce n'est pas la même démarche qu'une démarche d'investigation scientifique</b>. Ce ne sont pas les mêmes finalités. Ce ne sont pas nécessairement les mêmes tâches. Oui il y a des liens, mais j'aimerais vous entendre, y'a pas de bonnes ou de mauvaises réponses ici, mais j'aimerais savoir ce que vous retenir parce que vous nous avez proposé des schémas, vous avez dessiné des <b>schémas</b>, vous avez mis ça en œuvre dans la classe, y'avait de la créativité je suis d'accord, mais est-ce qu'il y avait autre chose dans vos schémas aussi? Quelles tâches les élèves faisaient? Quelles <b>tâches techniques</b>? //</p>	<p><b>PEI :</b> Référence globale au PCT (79) La communauté discursive disciplinaire scolaire: manières spécifiques de penser, agir et parler d'un-e élève dans une posture de l'ingénieur-e <b>Genre de discours :</b> second (79) <b>Posture énonciative :</b> coénonciation (79 par rapport à 78) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (79 par rapport à 78)</p>
74-AGA	<p><b>(80) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée en jeu dans un PCT / TE : EXEMPLIFIER-EXPLIQUER / SM d'ordre épistémologique sur le PCT)</b> Y'a des tâches forcées, quand on les a mis en <b>atelier de modélisation</b>. C'est forcé donc c'est clair qu'ils sont dedans, mais à un moment donné tout d'un coup, ils doivent faire une roue, ils doivent fixer un axe dessus, ben d'abord ils le fixent comme ils veulent et puis après ils voient que ça ne tourne pas bien, alors ils doivent comprendre qu'ils doivent centrer le trou pour mettre l'axe au centre, faire des choses comme ça. Et puis, ben ça, ça implique des <b>tâches plus techniques</b>, il faut mesurer, regarder où est le centre, il faut... Alors ça, c'est plus à chaud, mais toujours dans ce <b>processus créer/tester</b>. //</p>	<p><b>PEI :</b> Analyser et modéliser (80) Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (80) Expérimenter et évaluer (80) <b>Genre de discours :</b> second (80) <b>Posture énonciative :</b> sous-énonciation (80 par rapport à 79) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation ascendante (80 par rapport à 78)</p>
75-CH1	<p><b>(81) (OD : La spécificité des tâches ou des modes de pensée en jeu dans un PCT / TE : RECONNAITRE)</b> On conçoit, on valide ouais. Oui? //</p>	<p><b>PEI :</b> Générer et sélectionner des solutions de manière itérative (81) Expérimenter et évaluer (81) <b>Genre de discours :</b> second (81) <b>Posture énonciative :</b> coénonciation (81 par rapport à 80) <b>Mode de reformulation :</b> Reformulation paraphrastique (81 par rapport à 80)</p>



---

76-AGA	(...) (82) (OD : L'évaluation régulative au sein d'un PCT : l'utilisation d'outils numériques pour évaluer le fonctionnement des prototypes / TE : APPRECIER-CITER-EXPLIQUER / SM sur l'évaluation) Et puis, ce qui est bien dans cette activité [de conception], c'est qu'on peut leur mettre différents outils autour pour qu'ils puissent revenir à ce moment d'analyse et prendre le temps d'essayer, comparer et tout. Et puis, ben avec l'iPad, je me suis fait surprendre en bien, parce que d'abord, ils filmaient la première fois pour montrer au copain d'à côté «hé tu as vu ça marche?» et puis après ils regardaient vraiment et ils disaient «ah, mais là!». Ils regardaient entre eux, ils disaient «mais regardez voir bien ce qui se passe». Ils reprennent ce temps de poser les choses et puis, ouais, de reconnecter les éléments à des principes simples de fonctionnement, parce que sinon c'est l'histoire de la consommation «Ah ça marche, c'est validé et puis ça ne marche pas, on passe à autre chose». Tandis que là, il fallait réinvestiguer et puis revenir à chaque fois. //	<b>PEI :</b> Analyser et modéliser (82) Expérimenter et évaluer (82) <b>Genre de discours :</b> second (82) Posture énonciative : sur-énonciation (82 par rapport à 29) <b>Mode de reformulation :</b> reformulation paraphrastique (82 par rapport à 29)
--------	--	--

---



## Annexe 2

### Exemples de raisonnements selon les six niveaux de cognition d'Anderson et al. (2001)<sup>25</sup>

Six domaines de cognition d'Anderson et al. (2001)	Exemples de raisonnements (tâches épistémiques)
<b>Niveau 1 : Mémoriser</b> Extraire les connaissances significatives issues de sa mémoire à long terme	Associer, citer, décrire, énoncer, énumérer, étiqueter, identifier, indiquer, lister, localiser, nommer, ordonner, rappeler, réciter, reconnaître, répéter, reproduire, sélectionner...
<b>Niveau 2 : Comprendre</b> Construire la signification d'informations reçues (orales, écrites et graphiques).	Classer, comparer, convertir, définir, démontrer, désigner, différencier, dire dans ses mots, exemplifier (illustrer à l'aide d'exemples), expliquer, exprimer, faire une analogie, généraliser, inférer, interpréter, paraphraser, prédire, reformuler, représenter, résumer...
<b>Niveau 3 : Appliquer</b> Exécuter ou utiliser une procédure dans une situation donnée.	Administrer, appliquer, assembler, calculer, construire, découvrir, démontrer, dessiner, déterminer, employer, établir, exécuter, formuler, fournir, implanter, manipuler, mesurer, mettre en pratique, modifier, montrer, opérer, participer, préparer, résoudre, traiter, trouver, utiliser...
<b>Niveau 4 : Analyser</b> Décomposer les parties constitutives d'un tout et déterminer les liens qui unissent ces parties entre elles et à une structure ou une finalité d'ensemble.	Analyser, attribuer, catégoriser, cibler, comparer, contraster, critiquer, découper, déduire, délimiter, différencier, discriminer, disséquer, distinguer, examiner, faire corrélérer, faire ressortir, inférer, limiter, mettre en priorité, mettre en relation, morceler, organiser, opposer, prioriser, questionner, séparer, subdiviser...
<b>Niveau 5 : Évaluer</b> Porter un jugement sur la base de critères et de normes.	Apprécier, argumenter, attaquer, choisir, conclure, contrôler, critiquer, défendre, déterminer, estimer, évaluer, juger, justifier, soutenir, vérifier...
<b>Niveau 6 : Créer</b> Assembler des éléments pour former un tout nouveau et cohérent, ou faire une production originale.	Adapter, agencer, anticiper, arranger, assembler, combiner, commenter, composer, concevoir, construire, créer, développer, écrire, exposer, générer, incorporer, intégrer, mettre en place, organiser, planifier, préparer, produire, proposer, rédiger, structurer, synthétiser...

25. Adaptation d'un document de l'UNICE.

