

DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL DES ENSEIGNANTS DANS UN LIEU D'ÉDUCATION ASSOCIÉ

| DREAM*

Résumé | Les situations didactiques de recherche de problèmes ont pour objectif de fonder l'enseignement sur des problèmes de mathématiques. Leur mise en œuvre demande aux professeurs de développer des compétences professionnelles spécifiques pour permettre aux élèves de rentrer dans une recherche mathématique authentique et pour eux de construire leur enseignement sur les productions des élèves. Cette proposition porte ainsi sur l'étude et l'analyse des gestes professionnels pour un enseignement fondé sur la recherche de problèmes dans un contexte de recherche collaborative.

Mots-clés : gestes professionnels, collaboration, recherche de problème, situation didactique, lieu d'éducation associé à l'Institut Français de l'Éducation

Abstract | The aim of problem-solving didactic situations is to base teaching on mathematical problems. Their implementation requires teachers to develop specific professional skills to enable students to engage in authentic mathematical research, and for them to build their teaching on students' productions. This proposal therefore focuses on the study and analysis of professional gestures for problem-based teaching in a context of collaborative research.

Keywords: Professional gesture, collaboration, problem solving, didactical situation, Associated educational Places at the French Institute for Education

I. INTRODUCTION

Les « problèmes pour chercher » sont une façon différente d'envisager l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques dans le cours ordinaire de la classe. L'équipe de recherche DREAM et le LéA ECL@Maths (Lieu d'Éducation Associé École-Collège-Lycée et @pprentissage des Maths) constituée de professeurs des écoles, et de collèges et de lycées, de formateurs d'enseignants et de chercheurs s'intéresse à la mise en œuvre de progressions annuelles fondées sur des situations didactiques de recherche de problèmes dans le cours de mathématiques depuis l'école primaire jusqu'au lycée (grade 4 – grade 12). Cette mise en œuvre demande aux professeurs de développer des compétences professionnelles spécifiques pour permettre aux élèves de rentrer dans une recherche mathématique authentique. La recherche que nous présentons ici s'adosse sur des premiers résultats portant sur l'accompagnement entre pairs avec l'identification de moments critiques et de gestes professionnels (Di Francia et al., 2023).

Notre proposition de communication porte ainsi sur l'étude et l'analyse des gestes professionnels pour un enseignement fondé sur la recherche de problèmes dans un contexte de recherche collaborative en lien avec la question de recherche suivante : Quels gestes professionnels peut-on envisager de développer dans un dispositif de co-enseignement pour qu'un enseignant devienne capable de construire un enseignement fondé sur la recherche de problèmes en s'appuyant sur les productions effectives des élèves ?

* DREAM est un collectif de l'IREM de Lyon, Université Lyon 1 – France – dream@math.univ-lyon1.fr. L'auteur correspondant est Gilles Aldon : gilles.aldon@ens-lyon.fr

II. CADRE THÉORIQUE

Le cadre théorique de la recherche est construit autour des deux axes de collaboration et de geste professionnel. En ce qui concerne la collaboration, le fonctionnement de l'équipe de recherche et du LéA est fondé sur le paradigme de recherche orientée par la conception et s'appuie sur des méthodologies basées sur la réflexivité et le travail collectif des acteurs. Le cadre théorique s'appuie sur des travaux de recherche antérieurs portant sur les analyses des processus collaboratifs entre acteurs d'institutions différentes, notamment les travaux autour de la transposition meta-didactique (Arzarello et al., 2014 ; Robutti et al., 2019 ; Cusi et al., 2022). Dans ce cadre théorique, la collaboration est vue comme la rencontre d'acteurs de deux (ou plusieurs) institutions ayant chacun des buts spécifiques contraints par leur appartenance à leur institution. Le terme institution étant pris ici dans le sens large dans lequel « toute institution admet un environnement qui est un univers culturel » (Chevallard, 1988, p. 97). Ces acteurs sont confrontés à un objet de travail qui, lorsqu'il est accepté, devient un objet frontière (Star et Griesemer, 1989 ; Star, 2010), c'est-à-dire un objet suffisamment commun pour que les interactions prennent sens et suffisamment parlant à tous les acteurs pour que chacun puisse s'engager dans le travail sur cet objet avec une finalité au sein de leur institution. Cet objet frontière s'insère dans l'activité humaine qui peut être décrite en terme de praxéologies, c'est-à-dire en considérant pour chaque type de tâches, les techniques mises en œuvre pour résoudre la tâche, techniques liées à l'institution d'appartenance et des justifications pratiques et théoriques de ces techniques. Ainsi, la confrontation des techniques et des justifications des acteurs permet de faire avancer la connaissance commune de l'objet frontière et modifie les composantes des praxéologies dans un phénomène d'internalisation (Cusi et al., p. 367). Ces modifications relèvent d'un développement professionnel des acteurs qui peut être perçu à travers les gestes professionnels qui prennent sens dans un contexte donné, dans la situation vécue par l'enseignant. Nous nous référons en particulier aux définitions proposées par Bucheton et al. (2008, p. 66) :

Un geste professionnel est un signe verbal et non verbal adressé à un ou plusieurs élèves pour susciter leur activité. Il est fait pour être compris. Il manifeste une intention que les élèves doivent être en mesure de comprendre. Il relève d'une culture scolaire et disciplinaire partagée.

Les auteurs introduisent à ce propos le concept de multi-agenda de l'enseignant qui renvoie à la complexité des actions à mener pour faire progresser le temps didactique (Chevallard et Mercier, 1987) tout en conjuguant de multiples préoccupations, maintien d'une atmosphère susceptible de favoriser l'apprentissage, équité, gestion de l'autorité, transmission de valeurs, tout en suscitant l'engagement des élèves, en maintenant leur attention et en favorisant la parole. Dans cette perspective une distinction est faite sur les différents gestes : gestes d'étayage, accompagnement des élèves dans leur parcours d'apprentissage qui peuvent à l'excès devenir un super-étayage ne laissant plus la place à l'élève de construire ses connaissances, gestes de tissage reliant la tâche à l'avant et l'après, à l'extérieur et au contexte d'apprentissage, gestes de pilotage maintenant le cap de la leçon et la demande cognitive des élèves, gestes du maintien de l'atmosphère propice à l'apprentissage et, bien sûr, gestes didactiques reliés aux savoirs en jeu, aux compétences disciplinaires en relevant chez les élèves les connaissances à institutionnaliser dans la classe. Pour chaque geste, l'enseignant a à sa disposition des postures variées permettant d'atteindre le but fixé, c'est-à-dire des manières cognitives et langagières pour s'engager dans la résolution d'une tâche. Par exemple, la posture d'accompagnement permet de laisser du temps aux élèves de construire leur connaissances, la posture d'enseignement facilite l'institutionnalisation des savoirs qui apparaissent dans la classe, la posture de contrôle vise à cadrer la situation d'enseignement en régulant le temps didactique (Bucheton et al., 2008 ; Bucheton et Soulé, 2009).

La mise en œuvre d'une démarche d'enseignement fondé sur la recherche de problèmes demande la maîtrise de compétences professionnelles que nous avons étudiées à partir d'expérimentations

d'accompagnement de professeurs par des pairs (Di Francia et al., 2023). Cet accompagnement a été construit sur une double collaboration au sein de l'équipe de recherche entre enseignants et chercheurs ; d'une part, dans une perspective d'internalisation de praxéologies, entre les résultats de la recherche et les pratiques professionnelles des enseignants et d'autre part, au sein du LéA, entre deux professeurs. C'est l'articulation entre ces deux collaborations qui a débouché sur la mise en évidence de six compétences essentielles pour un enseignement fondé sur la recherche de problèmes :

- Compétence 1 : être capable d'analyser un problème de mathématiques en vue de mettre en évidence les connaissances nécessaires aux raisonnements permettant l'exploration du problème.
- Compétence 2 : être capable de dévoluer aux élèves les différentes phases d'une recherche de problème.
- Compétence 3 : être capable de repérer dans les travaux des élèves des connaissances et compétences mathématiques en lien avec les programmes de la classe.
- Compétence 4 : être capable de permettre aux élèves de débattre scientifiquement.
- Compétence 5 : être capable de construire son enseignement à partir des productions effectives des élèves.
- Compétence 6 : être capable d'analyser ce qui s'est passé en classe et d'en tirer des pistes concrètes d'enseignement pour améliorer les situations d'apprentissage élaborées et testées. (Di Francia et al., 2023, p. 35)

Dans la suite, nous nous appuyons sur deux études de cas pour mettre en évidence les gestes professionnels qui témoignent de la mise en œuvre de ces compétences.

III. ÉTUDE DE CAS

1. Contexte

Le LéA ECL@Maths est organisé en cinq mini-labos, chacun constitué d'enseignant.e.s et de formateurs.trices et de chercheur.e.s de l'équipe DREAM. Dans l'Académie de Rennes, le mini-labo se déploie sur deux circonscriptions de la banlieue de Rennes Il rassemble sept enseignant.e.s exerçant en CM1 ou CM2 (grade 4 et 5), les deux conseillères pédagogiques, référentes mathématiques de ces circonscriptions, ainsi que la conseillère pédagogique départementale de la mission mathématiques. C'est au cours d'une rencontre du mini-labo que des observations en classe ont été réalisées. Ces observations portaient sur la mise en œuvre de la situation didactique de recherche de problèmes suivante :

Trouver le plus rapidement possible la somme de 10 nombres entiers consécutifs. Par exemple, la somme de 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39.

Ce problème provient des travaux de Barallobres (2007) et a été largement repris par Durand-Guerrier (2007). À l'école primaire et au début du collège, trois objectifs principaux peuvent être visés avec cette situation : travailler le calcul mental et le calcul réfléchi ; travailler la numération décimale, mettre les élèves en situation de recherche pour leur apprendre à dégager des "règles générales" à partir d'exemples dans une perspective de pré-algèbrisation. Nous renvoyons au texte de présentation de ce problème pour une analyse mathématique et didactique, disponible sur le site de l'équipe DREAM : <https://math.univ-lyon1.fr/dream/wp-content/uploads/2022/03/La-somme-des-10-entiers-consecutifs.pdf>

Nous examinons dans la suite deux observations dans les classes de S. en CM2 (grade 5) et de K. en CM1 (grade 4). Les élèves, dans les deux classes, ont déjà cherché individuellement puis par groupe

de quatre le problème et ont réalisé une affiche pour montrer leurs stratégies pour calculer la somme d'une suite de dix entiers consécutifs.

2. Observations dans la classe de S.

Le mot « efficace » a été donné par S. dans la consigne orale parce qu'elle souhaitait utiliser ce problème pour développer dans la classe le calcul « efficace » ou « astucieux » aussi bien dans le calcul mental que posé. Toutes les affiches sont collées au tableau et après un moment de lecture des affiches par les élèves, S. leur demande de commenter ces affiches. Dans un premier temps, les remarques portent sur les couleurs (le jaune peu lisible), la taille des lettres (trop petites), bref la forme des affiches. Cependant un élève s'intéresse au fond d'une affiche en disant : « l'affiche de ... c'est un peu compliqué » ; S., dans une posture d'accompagnement, reprend la remarque pour rediriger le débat : « C'est pourquoi on va vous demander d'expliquer ! »

À partir de là, les commentaires portent plus sur les contenus (« dans cette affiche, il y a moins de calculs », « il y a les dizaines et les unités », ...) mais aussi sur la compréhension (« c'est difficile »). La professeure peut alors faire avancer la classe dans la compréhension des méthodes utilisées : « J'ai demandé d'expliquer la méthode » (geste de tissage) puis elle demande aux élèves de repérer les affiches qui leur parlent le mieux, pour lesquelles la méthode exposée serait la plus compréhensible et utilisable dans une recherche pour d'autres suites. Les raisons données portent encore une fois sur la forme et le fond. Les deux affiches plébiscitées par la classe comme « parlantes » sont les deux proposant des arbres de calcul (figure 1 en bas et à droite).

La première affiche (en bas de la figure 1) est commentée par le groupe d'auteurs. C'est dans ce dialogue avec la classe qu'apparaît la première fois la relation entre l'addition itérée et la multiplication : « ils pouvaient faire des fois », dit un élève. S. reprend cette proposition mais sans insister sur ce fait et plutôt en généralisant : « je vais garder des idées. Je vais noter à chaque fois qu'on peut aller plus vite ». S. note dans la partie rabattue du tableau du fait de l'étalage de toutes les affiches. S. reprend pour interroger les élèves : « qu'est-ce qu'on peut multiplier ; trois dizaines dix fois donc 30 fois $10 = 300$ ». La remarque n'est pas plus approfondie à cet instant mais reste cependant dans l'histoire de la classe puisqu'inscrite sur le tableau.

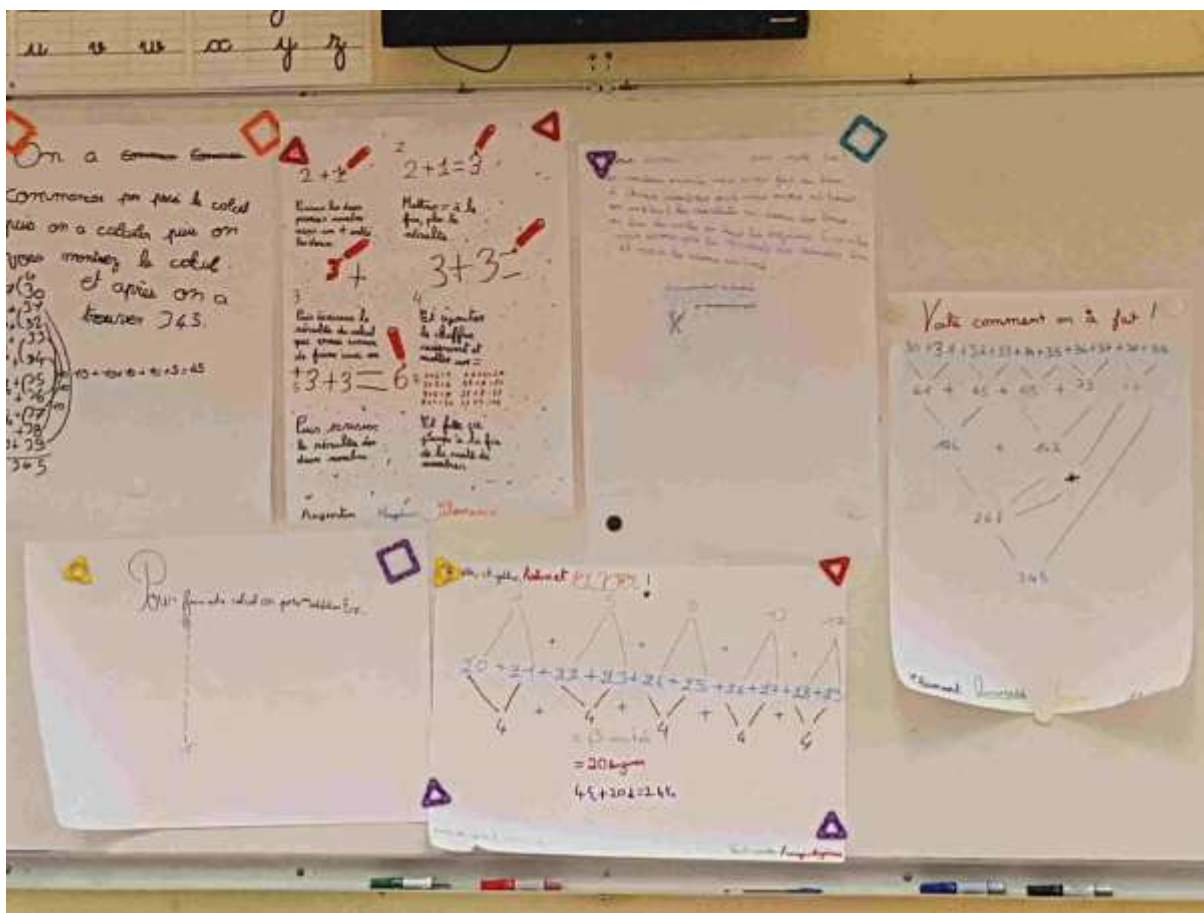


Figure 1 – Les affiches de la classe de S.

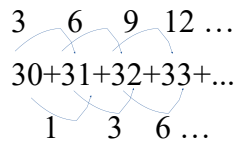
Cet épisode est intéressant pour plusieurs raisons :

1. D'un point de vue des savoirs, le passage de l'addition itérée à la multiplication apparaît oralement alors qu'elle n'était pas présente dans les traces écrites. On peut s'interroger sur le statut de la trace écrite (affiche) qui reflète l'énoncé (on parle de sommes et non pas de produits) mais qui ne traduisait pas toutes les idées proposées par les élèves qui ressortent à l'oral dans le débat ;
2. D'un point de vue des gestes professionnels : S. effectue des gestes de pilotage dans une posture d'enseignement mais aussi dans une posture de contrôle ; S. pointe le savoir proposé par un élève (compétence 3) en lui donnant un statut important mais ne le laisse pas discuter par la classe (pour conserver un contrôle de la chronogénèse ?) ;
3. Du point de vue du geste de tissage dans une posture d'enseignement : récupérer et garder trace des idées fortes (compétence 3 et 5). On voit ici que ce geste aurait pu être anticipé pour conserver *a priori* une place sur le tableau pour recueillir ces idées qui, du coup, n'ont pas été un repère pour le débat du fait de sa position « cachée » derrière le tableau. C'est cependant un geste professionnel dont S. a perçu l'efficacité dans le cours de la leçon et qui sera conservé et amélioré dans les prochains débats dans la classe (compétence 4).

L'affiche suivante (à droite dans la figure 1) montre des regroupements facilitant les calculs. S. reprend ce contenu pour faire référence aux méthodes de calcul mental déjà rencontrées (calcul astucieux) et le conserve comme idée intéressante (compétence 3). Là encore le geste de tissage dans une posture d'enseignement fait avancer le temps de classe. S. cherche à valoriser les réponses présentes

dans les affiches : geste d'atmosphère dans une posture d'enseignement : retenir les éléments qui sont des « idées à garder » et faciliter le débat (compétence 4).

L'affiche suivante amène une technique de calculs baptisée par les élèves les calculs par bond :



Le calcul par bond est un peu discuté puis rejeté par la classe comme n'étant pas plus rapide ou astucieux qu'un calcul posé. En revanche les arbres, d'une part en regroupant les dizaines puis les unités semblent convenir à tous ; dans cet épisode, on voit la volonté de S. de s'appuyer sur le débat pour poursuivre son enseignement (compétence 5).

Enfin, la dernière affiche permet à S. de faire le lien avec les calculs posés ou mentaux. Un élève conclut : « on a rassemblé toutes les techniques ». S. relance la discussion (compétences 3 et 4) pour reprendre toutes les techniques ou « idées » proposées dans la classe. On se situe à la fois dans un geste de tissage (récapitulation et projection vers l'avenir) et didactique (première institutionnalisation de méthodes et de connaissances mises en évidence dans les affiches).

La séance s'achève sur un défi : est-ce que ces techniques pourront faire trouver la somme des nombres commençant à 17 (compétence 2 : ce défi permet de maintenir dans la classe l'intérêt pour le problème et responsabilise les élèves dans leur apprentissage) ? Les élèves travaillent sur leur ardoise et mettent effectivement en place l'une ou l'autre des techniques discutées. La diversité des réponses montre que le travail est déjà suffisamment efficace pour que tous les élèves trouvent le résultat souhaité.

3. *Observations dans la classe de K.*

Le déroulement prévu par K. consiste à proposer aux groupes d'élèves de commenter leurs affiches successivement dans un ordre qu'il a préétabli en fonction des connaissances mises en œuvre dans les travaux de groupe ; le travail préalable sur le problème permet ainsi à K. de mettre en évidence les connaissances nécessaires à la résolution de ce problème (compétence 1) et de les faire apparaître à partir des travaux des élèves dans le débat sur les affiches (compétence 4). Tous les gestes de K. sont construits pour atteindre son objectif avec la classe qui était de faire comprendre les décompositions additives d'un nombre, en dizaines et unités, mais aussi en partant d'un nombre a comme $a+1$, $a+2$... ou $a-1$, $a-2$, ... qui permettront de justifier l'écriture $10a+45$. Il note soigneusement toutes les connaissances, toutes les méthodes qu'il a vu dans les affiches et qu'il fait énoncer dans la mise en commun en laissant la liberté de parole aux enfants (compétence 4). Les gestes d'atmosphère, les gestes didactiques alternent avec des postures d'accompagnement et parfois des postures de contrôle pour maintenir le temps didactique en mettant en valeur les travaux et en proposant des critiques sur les traces écrites, comme par exemple sur l'écriture :

$$6+4=10+7+3=10+8+2... = 45$$

Ou sur l'ordre des facteurs d'une multiplication : 5 fois 70 comme l'itération de cinq soixante-dix, plutôt que 70 fois 5 qui représenterait la somme de soixante-dix cinq (geste didactique, posture d'enseignement lié à la compétence 5).

Un épisode intéressant arrive dans la classe lorsque deux élèves débattent à propos d'addition itérée 5 fois de 6 dizaines : le premier propose d'ajouter les dizaines et l'autre de multiplier 5 par 60. K. laisse

le débat continuer et ne départage pas dans un geste de tissage avec une posture d'accompagnement (compétence 4). En revanche, il revient sur le mot « rapidement » dans la consigne lorsqu'un élève propose une méthode avec des bâtons et des groupements de 10. On voit toujours le même souci de conclure dans les temps (nous sommes le dernier jour avant les vacances) et K. cherche à institutionnaliser la méthode de décomposition à partir du premier nombre de la série de façon à pouvoir s'en resservir dans la suite de son cours (compétence 5).

Après la mise en commun des affiches, K. propose aux élèves cette décomposition à partir de la série commençant à 47.

- Un élève : J'ai pas compris
- K. réexplique.
- E : mais pourquoi ?
- K. : on va voir à la fin peut-être il va se passer quelque chose d'intéressant.

Les gestes professionnels de K. tendent à construire cette connaissance sur les décompositions multiples des nombres en utilisant parfois des gestes de pilotage dans une posture de contrôle mais en maintenant par de nombreux gestes d'atmosphère une ambiance propice au travail. Là encore le tissage se construit progressivement pour faire apparaître une institutionnalisation partielle des méthodes utilisées.

IV. DISCUSSION

Les gestes professionnels apparaissent dans la mise en œuvre en classe de cette situation de recherche de problème. Ces gestes prennent sens dans un contexte donné comme des « actions de l'enseignant, l'actualisation de ses préoccupations » (Bucheton et Soulé, 2009, p. 32). Ils sont des repères permettant de mettre en évidence une transformation des comportements des acteurs vis-à-vis d'une situation nouvelle. Ils apparaissent liés aux compétences présentées ci-dessus comme autant d'indicateurs de la prise en charge des éléments fondamentaux des SDRP. Dans ces observations, toutes les compétences ne sont pas apparues du fait du mode d'observation ponctuel dans ces deux classes. D'un point de vue méthodologique, il serait souhaitable d'avoir deux entretiens avant et après la leçon pour mettre en évidence la présence de gestes professionnels témoignant des compétences 1 et 6 qu'il est difficile d'observer pendant la leçon. Les gestes professionnels sont ainsi des indicateurs des évolutions des praxéologies méta-didactiques tant dans une modification des techniques que des justifications de ces techniques. Ainsi, par exemple, ce qui apparaît dans la classe de S. pour thésauriser tout au long de la discussion les éléments importants qui devront être institutionnalisés constitue une modification d'une technique en vue de résoudre un type de tâches méta-didactiques d'enseignement de la numération décimale de position. Les justifications de cette technique s'appuient alors sur le travail collaboratif qui précise les éléments fondamentaux des apports de la recherche de problème dans l'apprentissage des élèves. Ainsi, les gestes professionnels apparaissent dans des temps différents du métier d'enseignant :

- dans la préparation d'une leçon, dans une phase d'anticipation, soit au moment du choix d'un problème en lien avec les objectifs d'apprentissage des élèves ou au moment du classement des affiches dans une perspective de mener le débat dans la classe ;
- dans le cours de la recherche des élèves, dans une phase d'observation, pour repérer dans les travaux des élèves des connaissances et des compétences mises en œuvre mais aussi

pour remobiliser les élèves, pour répondre à des questions sans dénaturer la tâche, pour évaluer de façon formative les élèves et renvoyer des informations susceptibles de les faire progresser ;

- dans la phase de débat, pour amorcer et maintenir la discussion scientifique mais aussi pour orienter les discussions vers ses objectifs d'enseignement, pour faciliter la communication et préparer l'institutionnalisation des connaissances qui émergent des travaux des élèves ;
- et, enfin, dans une phase de retour réflexif sur le déroulement didactique et pédagogique de (ou des) séance(s) de classe dans une réflexion meta-didactique permettant d'institutionnaliser les gestes professionnels mis en œuvre dans l'action dans une perspective de développement professionnel. Mais aussi, de prendre en compte les connaissances et les apprentissages des élèves pour proposer un canevas d'enseignement en lien avec les programmes et les demandes institutionnelles.

V. CONCLUSION

Les expérimentations menées dans le LéA sont de nature exploratoire et ont permis de mettre en évidence des gestes professionnels liés aux compétences nécessaires à la mise en place dans la classe d'un enseignement des mathématiques fondé sur la recherche de problèmes. Le travail n'est cependant pas terminé et nous projetons pour la suite de la recherche d'élaborer une grille d'analyse des gestes professionnels fondés sur des observables qui pourraient être décrits précisément. Nous souhaitons utiliser ces grilles de façon à ce que les enseignants, dans un rôle d'auto-observation ou d'observation de collègues, puissent s'en emparer et conscientiser les gestes professionnels. Mais cette grille d'observation et d'analyse pourra aussi servir dans le cadre de la formation pour permettre de mieux appréhender l'enseignement des mathématiques à travers la recherche de problèmes. Enfin, cette grille pourra également servir à l'équipe DREAM dans le cadre de la création de ressources, de façon à maintenir une cohérence des ressources que l'équipe de recherche produit (Aldon, Gardes et Front, 2017).

RÉFÉRENCES

- Aldon, G., Front, M. et Gardes, M.-L. (2017). Entre élaboration et usage, comment poser la question de la cohérence des ressources ? *Education & Didactique*, 11(3), 9-30.
- Arzarello, F., Robutti, O., Sabena, C., Cusi, A., Garuti, R., Malara, N. et Martignone, F. (2014). Meta-didactical transposition: A theoretical model for teacher education programmes. Dans A. Clark-Wilson, O. Robutti et N. Sinclair (dir.), *The mathematics teacher in the digital era*. Springer Science+Business Media.
- Barallobres, G. (2007). Introduction à l'algèbre par la généralisation : problèmes didactiques soulevés. *For the Learning of Mathematics*, 27(1), 39-44. <https://flm-journal.org/Articles/11CAE091FF7856D4C00321D131A92B.pdf>
- Bucheton, D. et Dezutter, O. (dir.). (2008). *Le développement des gestes professionnels dans l'enseignement du français*. De Boeck.
- Bucheton, D. et Soulé, Y. (2009). Les gestes professionnels et le jeu des postures de l'enseignant dans la classe : un multi-agenda de préoccupations enchâssées. *Éducation et didactique*, 3(3), 29-48. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.543>

- Cusi, A., Robutti, O., Panero, M., Taranto, E. et Aldon, G. (2022). Meta-didactical transposition 2: The evolution of a framework. Dans A. Clark-Wilson, O. Robutti et N. Sinclair (dir.) *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (p. 365-389). Springer.
- Chevallard, Y. (1988). Esquisse d'une théorie formelle du didactique. Dans C. Laborde (dir.), *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique, 16-21 novembre 1986, Marseille* (p. 97-106). La pensée sauvage.
- Chevallard, Y. et Mercier, A. (1987). *Sur la formation historique du temps didactique* (publication n° 8). Publications de l'IREM d'Aix Marseille.
- Di Francia, M., Leclerc, F., Aldon, G. et Gardes, M. L. (2023). Un dispositif d'accompagnement à l'enseignement fondé sur la recherche de problèmes. *Repères-IREM*, 131, 23-49.
- Durand-Guerrier, V. (2007). *La dimension expérimentale en mathématiques. Enjeux épistémologiques et didactiques*. <http://educmath.ens-lyon.fr/applet/exprime/texteintroress.pdf>
- Robutti, O., Aldon, G., Cusi, A., Olsher, S., Panero, M., Cooper, J., Carante, P. et Prodromou, T. (2019). Boundary objects in mathematics education and their role across communities of teachers and researchers in interaction. Dans G. M. Liloyd et O. Chapman (dir.), *International Handbook of Mathematics Teacher. Volume 3: Participants in mathematics teacher education* (2^e éd., p. 211-240). Brill-Sense.
- Star, S. L. (2010). This is not a boundary object: Reflections on the origin of a concept. *Science, Technology & Human Values*, 35(5), 601-617. <https://www.jstor.org/stable/25746386>
- Star, S. L. et Grisemer, J. R. (1989). Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: Amateurs and professionals, Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-1939. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420. <https://www.jstor.org/stable/285080>