
UN DISPOSITIF D'ACCOMPAGNEMENT A L'ENSEIGNEMENT FONDE SUR LA RECHERCHE DE PROBLEMES

Miriam DI FRANZIA, Faustine LECLERC,
Gilles ALDON, Marie-Line GARDES
IREM de Lyon

Résumé : La résolution de problèmes est au cœur de l'enseignement des mathématiques. Les travaux du groupe DREAM portent sur l'élaboration de séquences d'enseignement fondées sur la recherche de problèmes et sur l'accompagnement des enseignants à la mise en œuvre de ces séquences en classe. L'objectif de cet article est de présenter un dispositif d'accompagnement qui met en jeu un travail entre pairs (enseignants), enrichi par les interactions avec le groupe DREAM. Nous montrons en quoi ce dispositif permet le développement de compétences professionnelles chez les enseignants.

1. — Introduction et contexte

L'équipe de recherche DREAM (Démarche de Recherche pour l'Enseignement et l'Apprentissage des Mathématiques) se situe dans la tradition de l'IREM de Lyon concernant le problème ouvert (Arsac et al., 1988 ; Tisseron & Mizony, 1984/2005 ; Arsac & Mante, 2007 ; Aldon et al., 2010). L'hypothèse qui fonde son travail consiste à affirmer que les mathématiques s'apprennent comme elles se créent, c'est-à-dire en résolvant des problèmes. C'est en approfondissant cette hypothèse que les travaux de l'équipe ont conduit à considérer la dialectique expérience-théorie dans la résolution de problème comme centrale dans l'apprentissage des élèves. L'équipe DREAM

s'appuie aussi sur les travaux de recherche développés à l'IFÉ (ENS de Lyon), à l'INSPÉ et dans d'autres laboratoires universitaires partenaires (Gardès, 2013 ; Front, 2015 ; Aldon, 2021) qui ont permis en particulier d'introduire le concept de Situation Didactique de Recherche de Problèmes (SDRP) (Front, 2015 ; Gardès, 2018). Un axe du travail a notamment conduit à considérer les problèmes de recherche comme des jalons de l'enseignement à un niveau donné en donnant à chaque problème, ou plus exactement à chaque situation construite autour d'un problème de mathématiques, une place dans la progression annuelle de l'enseignement.

Cette proposition d'enseignement fondé sur la recherche de problèmes s'est construite par des allers-retours entre une réflexion théorique et épistémologique sur la place des problèmes dans la construction des savoirs mathématiques et la mise en place effective de ces situations en classe tout au long de l'année. Les expérimentations et les analyses a posteriori des résultats ont été suffisamment probantes (Aldon et al., 2019) pour penser une première généralisation de ce mode d'enseignement. L'opportunité d'inscrire ce projet dans le réseau des LÉA (Lieux d'Éducation Associés de l'École Normale Supérieure de Lyon) a alors permis de développer ces premières recherches et de trouver un lieu d'échanges et de partages propices à la dynamique de ce travail. Ainsi, depuis 2020, le LÉA DuAL (des noms des premiers établissements participants au LÉA : le lycée La Martinère Duchère, le lycée Ampère et le collège Lagrange de l'Académie de Lyon - rejoints par d'autres enseignants du collège Paul-Emile Victor et de l'école du Rocher de Pierrelatte) s'est donné comme objectif d'explorer les conditions pour qu'un enseignement des mathématiques fondé sur la recherche de problèmes permette des apprentissages mathématiques, dans un contexte de classe ordinaire. Le projet intègre ainsi la volonté de changer d'échelle dans la diffusion des pratiques. La question de la formation des enseignants se révèle alors cruciale. Forts de notre démarche de formation entre pairs au sein de l'équipe DREAM, un axe majeur du travail du LÉA DuAL vise à expliciter les caractéristiques d'un dispositif d'accompagnement pour aider un enseignant, sur le terrain, à mettre en place ce type d'enseignement.

Dans cet article, nous décrivons un dispositif d'accompagnement organisé dans le cadre du LÉA pour faciliter la mise en œuvre en classe d'un enseignement fondé sur des problèmes

de recherche. Il met en jeu un travail entre pairs enrichi par les discussions sur le dispositif lui-même et sur les séquences de classe avec l'ensemble de l'équipe de recherche DREAM. Nous mettons en évidence le développement de compétences professionnelles chez les enseignants, leur permettant d'affiner leurs enseignements fondés sur les problèmes, mais aussi de proposer à leurs tours un accompagnement à d'autres collègues. Nous souhaitons, à travers cette description et l'analyse que nous en faisons, répondre à une des questions de recherche du LÉA DuAL qui porte sur la mise en évidence des caractéristiques d'un tel dispositif d'accompagnement lorsque l'objectif est de mettre en œuvre, en classe, un enseignement fondé sur la recherche de problèmes mathématiques.

Dans un premier temps, nous présentons ce que nous entendons par « enseignement fondé sur la recherche de problèmes » en développant un exemple de situation didactique de recherche de problèmes et ses prolongements dans la classe dans le cadre des programmes de mathématiques, puis nous décrivons le dispositif construit pour accompagner un enseignant débutant, pour enfin analyser les apports de ce dispositif en termes de conditions nécessaires à la mise en place d'un accompagnement efficace et en termes de développement professionnel des enseignants. Nous nous focaliserons tout au long de l'article sur le développement professionnel de l'enseignante qui débute dans la mise en place de ce type d'enseignement et nous aborderons plus succinctement à la fin de l'article celui de l'enseignante accompagnatrice, qui est étroitement lié aux interactions entre les enseignantes et les chercheurs.

2. — Enseignement fondé sur la recherche de problèmes

Le point de vue épistémologique sur l'activité mathématique qui sous-tend un enseigne-

ment et un apprentissage fondés sur la recherche de problèmes est celui de la place centrale des problèmes dans l'activité mathématique. Nous soutenons l'hypothèse que pour apprendre en mathématiques, il est nécessaire (et non suffisant) de chercher à résoudre des problèmes, car cela participe à la fois à la construction des connaissances et au développement des compétences fondamentales des mathématiques telles que définies dans les programmes actuels (chercher, modéliser, représenter, raisonner, calculer, communiquer). Dans cette partie, nous précisons le type de problèmes sur lesquels repose cet enseignement fondé sur la recherche de problèmes, puis nous détaillons les situations didactiques construites pour permettre aux élèves de construire des connaissances. Nous explicitons enfin les contenus d'une séquence fondée sur la recherche de problèmes.

2. 1. De quels problèmes parle-t-on ?

Nous nous référons au problème du mathématicien, c'est-à-dire « un problème mathématique [qui] se doit d'être robuste et en même temps doit se laisser aborder, questionner, explorer » (Front, 2015, p.58). Cette définition renvoie explicitement aux sujets qui se confrontent à la recherche du problème. La robustesse du problème, c'est-à-dire le fait qu'il ne puisse pas être résolu de façon immédiate et demande un effort cognitif certain, est ainsi à considérer relativement à un individu, à ses connaissances et à l'activité qu'il est amené à développer.

Les problèmes que nous proposons aux élèves sont des problèmes mathématiques avec les caractéristiques des problèmes ouverts (Arsac et Mante, 2007) :

- un énoncé court,
- l'énoncé ne donne ni la méthode, ni la solution,

- le problème se trouve dans un domaine conceptuel familier des élèves,

auxquelles s'ajoutent les deux caractéristiques suivantes (Gardes, 2018) :

- le problème permet de mettre en œuvre une dimension expérimentale, c'est-à-dire une articulation entre expérience et théorie, via des allers et retours entre des objets naturalisés et des objets en cours de conceptualisation ;
- la recherche du problème met en jeu une dialectique entre la mobilisation, l'approfondissement de connaissances mathématiques et le développement d'heuristiques pour résoudre un problème.

Il s'agit donc de problèmes que l'on peut qualifier de « problèmes pour chercher » (Arsac et al., 1985) ou « problèmes atypiques » (Houdement, 2017), c'est-à-dire des problèmes où l'élève doit utiliser ses connaissances et les mettre en œuvre dans des conditions très différentes de celles de leur apprentissage.

Ces notions ne sont pas nécessairement nouvelles pour l'élève, en revanche, elles sont retravaillées et approfondies au cours de la recherche du problème. De plus, ces connaissances doivent être articulées avec le développement d'heuristiques spécifiques à la résolution de problèmes en mathématiques.

Pour illustrer ce dernier point, présentons brièvement l'exemple du problème intitulé Le Billard (Figure 1 de la page suivante).

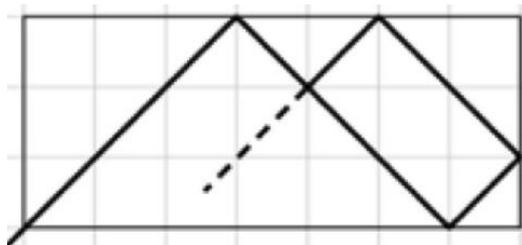
Ce problème est robuste jusqu'au début du lycée et il se laisse explorer très facilement, notamment par des essais comme le suggère le dessin. Il demande la mobilisation de nombreuses connaissances mathématiques (multiples et diviseurs, nombres premiers, PGCD, PPCM, calcul littéral, etc.) et heuristiques

Énoncé du problème :

On considère un billard de forme rectangulaire qui est quadrillé de façon régulière (c'est-à-dire qu'il a un nombre entier de lignes et un nombre entier de colonnes).

Aux 4 sommets du billard il y a une ouverture qui permet d'envoyer un rayon lumineux long des diagonales du quadrillage. Le rayon lumineux « rebondit » sur les côtés du rectangle et ne peut sortir du billard que s'il arrive sur un des 4 sommets.

Un exemple :



Existe-t-il un moyen de déterminer à l'avance le nombre de carreaux traversés par le rayon lumineux dans le billard en fonction du nombre de lignes et du nombre de colonnes ?

Figure 1 - Énoncé du problème Le Billard (site DREAM¹)

(expérimenter sur des valeurs numériques, questionner les exemples, dégager des sous-problèmes, mettre en place un procédé algorithmique pour définir le PGCD de deux nombres, etc.). L'articulation des connaissances mathématiques et des heuristiques, notamment dans une recherche fondée sur des expériences concrètes, permet aux élèves de progresser dans la recherche du problème en élaborant des résultats partiels (par exemple, si le nombre de colonnes n'est pas un multiple

du nombre de lignes alors tous les carreaux sont traversés). Les élèves cherchent très souvent ce problème dans une démarche de type expérimental.

Si ces problèmes mathématiques portent un fort potentiel didactique, ils ne permettent pas en eux-mêmes les apprentissages. C'est la mise en œuvre d'une situation didactique qui doit les assurer.

2. 2. Des situations didactiques de recherche de problèmes (SDRP)

Le cadre de référence que nous utilisons pour penser et produire des dispositifs permettant aux élèves d'apprendre est le cadre des situations didactiques de Brousseau (1998). Ainsi les situations didactiques de recherche de problèmes (SDRP) sont des situations (Front, 2015) :

- didactiques, c'est-à-dire des situations où l'enseignant cherche à faire dévolution à l'élève d'une situation didactique ;
- d'apprentissage, c'est-à-dire des situations où l'élève fait fonctionner ses connaissances et où la réponse initiale envisagée par l'élève doit seulement permettre de mettre en œuvre une stratégie de base à l'aide de ses connaissances anciennes ; mais très vite, cette stratégie devrait se révéler suffisamment inefficace pour que l'élève puisse modifier son système de connaissances pour répondre à la situation proposée ;
- où le projet commun de l'enseignant et des élèves est avant tout l'engagement dans la résolution du problème proposé et l'élaboration de résultats au moins partiels, la genèse de savoirs sur des objets mathématiques nouveaux,
- où la dimension expérimentale est fortement présente.

¹ <https://dreamaths.univ-lyon1.fr>

Ce qui est au cœur d'une situation didactique de recherche de problèmes, c'est donc le problème mathématique. Il définit le projet commun et donne le sens de l'action. Cependant, il ne permet pas en lui-même les apprentissages et c'est la mise en œuvre de la situation didactique de recherche de problèmes qui doit les garantir. Aldon et ses collègues (2010) ont élaboré, mis en œuvre en classe et analysé sept situations didactiques de recherche de problèmes sur des thématiques variées, du cycle 3 à l'université. Ce travail se retrouve maintenant sur le site du groupe DREAM².

A la suite de l'élaboration de cette première ressource, le groupe DREAM a souhaité approfondir ses recherches sur l'enseignement et l'apprentissage fondés sur la recherche de problèmes en interrogeant la possibilité de créer une organisation plus globale permettant :

- de rendre plus régulière la pratique de recherche de problèmes en classe ;
- d'approfondir la recherche d'un problème en classe ;
- de traiter les éléments mathématiques du programme à partir des recherches faites par les élèves ;
- de relier la progression d'un niveau donné à ces situations didactiques de recherche de problèmes.

Cette réflexion a mené à l'élaboration de progressions fondées sur la recherche de problèmes, déployées sur une année à différents niveaux.

2. 3. Des progressions fondées sur la recherche de problèmes³

Les programmes français actuels de mathématiques à l'école et au collège présentent les

attendus des acquisitions des élèves à partir de six grandes compétences qui sont au cœur de l'activité mathématique :

La mise en œuvre du programme doit permettre de développer les six compétences majeures de l'activité mathématique : chercher, modéliser, représenter, raisonner, calculer, communiquer. (MEN, 2015, p.367)

Mais par ailleurs, les connaissances à acquérir restent classées dans des rubriques reposant sur les branches des mathématiques, « Nombres et calculs », « Organisation et gestion de données, fonction », « Grandeurs et mesure », « Espace et géométrie » et « Algorithmique et programmation ». Les questions qui se posent alors très naturellement relèvent de l'articulation de cette approche par compétences et de l'approche à partir des connaissances. La question de l'utilisation dans la classe des situations didactiques de recherche de problème conduit nécessairement à se poser la question de l'articulation de ces compétences et de ces connaissances à acquérir au sein d'une progression : est-il ainsi envisageable de construire une telle progression de classe en détaillant l'année non plus sur des connaissances, nécessairement découpées et sans liens évidents les unes avec les autres, mais plutôt en articulant la progression sur des problèmes de mathématiques permettant de donner du sens à la construction des savoirs et des connaissances mathématiques ? Les SDRP sont une réponse possible pour organiser la progression en tenant compte de cette articulation entre compétences et connaissances à acquérir telles que définies dans les programmes de mathématiques.

La proposition générale de construction d'une progression sur les SDRP (Figure 2 page suivante) s'appuie sur une analyse a priori fine des potentialités de chacune des situations. Les savoirs, méthodes et notions utilisables dans

² <https://dreamaths.univ-lyon1.fr/>

³ Ce texte est en partie repris d'un article précédent, écrit par certains des auteurs (Aldon et al., 2019).

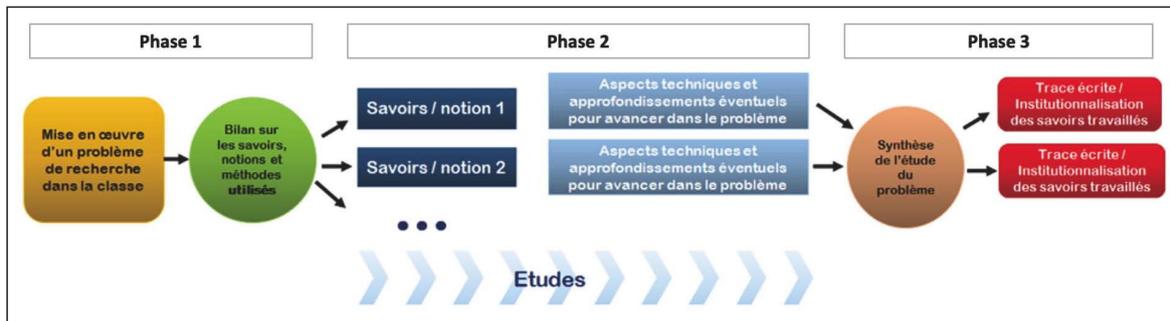


Figure 2 - Canevas d'une séquence fondée sur une situation didactique de recherche de problème

une situation particulière constituent le fondement de l'organisation de l'enseignement. Dans chaque SDRP, les analyses tout d'abord mathématiques puis les observations montrent, de façon robuste, que des notions vont être convoquées dans la recherche de la solution. Les élèves confrontés à la SDRP investissent des concepts mathématiques, les réorganisent et les actualisent dans le but de résoudre le problème posé. L'enseignant doit alors attraper toutes les notions, connaissances, savoir-faire qui sont à l'œuvre dans la situation particulière de sa classe. C'est alors sur ces notions mises en œuvre effectivement que l'enseignant peut aménager la suite de son enseignement. À partir de ces observations, l'articulation des savoirs et des savoir-faire amène à la structuration de la leçon et des institutionnalisations qui pourront émerger de la SDRP. La progression est alors construite sur les potentiels des SDRP et complétée par tous les apprentissages nécessaires pour la bonne maîtrise des concepts mathématiques du programme.

La première phase d'une séquence fondée sur une situation didactique de recherche de problèmes est la **mise en œuvre** d'un problème de recherche, sur une séance de deux à trois heures. Le scénario est celui d'un problème ouvert (Arsac & Mante, 2007), avec une phase de recherche individuelle, une phase de recherche

en petits groupes, une mise en commun et un débat collectif.

Dans cette première phase, les apprentissages visés sont plutôt de l'ordre des compétences *Chercher*, *Représenter* et *Raisonnement* ainsi que de compétences transversales autour de la recherche de problèmes. On vise ainsi à ce que les élèves soient capables de noter et structurer leurs idées à propos du problème à résoudre, qu'ils sachent travailler en groupe, en tenant compte des contraintes : le temps imparti, la nécessité de se faire comprendre des autres membres du groupe, d'argumenter sur ses choix et propositions, de se mettre d'accord sur une démarche à suivre, sur les pistes à explorer, sur le partage des tâches. A travers la pratique répétée de ce type d'activités dans l'année, on vise aussi un travail sur la trace écrite de l'élève :

- apprendre à exploiter le brouillon donné pour la recherche, en notant les pistes explorées, les résultats partiels et la façon d'y parvenir,
- exprimer à l'écrit des conjectures et les éventuels éléments de preuve pouvant les valider ou les invalider,
- construire une synthèse de la recherche et de ses éléments essentiels, organiser ses résultats en prenant du recul sur sa démarche et les conjectures élaborées.

La phase de recherche permet aussi la mobilisation de connaissances et compétences, qui dans le cas du problème du Billard, peuvent être :

- faire le lien entre la largeur et la longueur du rectangle qui constitue le billard, avec les notions de multiples, diviseurs d'un nombre, nombres premiers entre eux, de carré comme rectangle particulier ;
- raisonner par disjonction de cas ;
- travailler sur des exemples et se questionner sur des exemples pour essayer d'en tirer une conjecture générale.

La figure 3 de la page suivante montre quelques exemples d'affiches produites par des élèves de troisième sur le problème du Billard.

Le moment de mise en commun et du débat collectif est aussi un temps d'apprentissage pour les élèves. On vise à construire différents aspects de la compétence *Communiquer* : savoir présenter à l'oral sa recherche, ses conjectures, savoir argumenter dans l'échange, comprendre les explications d'autrui et savoir formuler des questions pour aller plus loin dans le débat.

Cette recherche de problème donne ensuite lieu à un **bilan de la recherche** qui servira de base pour approfondir l'étude du problème et organiser la suite de la séquence. Le bilan de la recherche (Figure 4 page suivante) contient habituellement :

- les conjectures ou propriétés proposées par les élèves (en distinguant ce qui a été démontré du reste) ;
- les raisonnements et méthodes utilisés ;
- les savoirs mathématiques évoqués ;
- les difficultés rencontrées.

Dans cette première phase d'une SDRP, les gestes professionnels de l'enseignant sont nombreux et se situent sur plusieurs niveaux :

- En amont de la mise en œuvre du problème : l'enseignant doit choisir le problème, le chercher et se l'approprier, puis l'analyser ou lire les documents d'analyse mathématique et didactique existants pour, par exemple, prévoir ce qui pourrait se passer en termes de connaissances et compétences mobilisées, stratégies possibles utilisées par les élèves, conjectures élaborées, difficultés potentielles dans la compréhension, dans l'entrée dans la tâche. Une réflexion doit être faite aussi sur le support à utiliser pour la phase de recherche (brouillon unique, support qui différencie la phase de travail individuel et la phase en groupe, ...) et pour la présentation lors de la mise en commun. L'enseignant doit aussi organiser le travail de groupe, découper les différents temps de la recherche, anticiper autant que possible les transitions d'une phase à l'autre, surtout si la recherche est effectuée sur plusieurs séances.
- Lors de la phase de recherche : avant le début du travail, l'enseignant doit expliciter les modalités de la recherche de problème qui va avoir lieu, expliciter le contrat didactique, s'assurer que l'énoncé du problème soit compris sans compromettre la recherche, expliquer les règles d'un travail de groupe, surtout s'il s'agit d'une première expérience pour les élèves. Pendant la recherche, l'enseignant passe parmi les groupes, il remobilise les élèves qui ont du mal à entrer dans le travail, il répond aux questions en faisant attention à ne pas dénaturer la tâche, il observe les éléments qui émergent et prend note de ce qui pourrait être intéressant pour la phase de mise en commun et de débat.

Figure 3 - Exemples d'affiches produites par des élèves de troisième sur du Billard

Le problème du billard.

Si la balle entre par 1 sommet la balle sortira par son sommet opposé à l'horizontale (avec un rectangle)

ex 1

ex 2

ex 3

ex 4

ex 1: Sur l'exemple 1 toute les diagonale passe par tout les carreaux.

ex 2: Quand les dimension de 8 sur 4 il y a que 2 diagonal.

ex 4: Si c'est 1 rectangle avec les dimension de 1 sur 9 les diagonal passe par tout les carreaux.

ex 3: Quand c'est un carre il n'y a que 1 diagonal.

Le problème du billard

Hypothèse 1: Quand le nombre de lignes et le nombre de colonnes sont impaires le rayon traverse tout les carreaux avant de sortir. Exemple 3

Hypothèse 2: Quand le nombres de lignes et le nombre de colonnes sont pairs le rayon traverse le nombre de colonnes. Exemple 4

Hypothèse 3: Pour le carré qui est un rectangle particulier le rayon traverse le nombre de colonnes avant de sortir. Exemple 5

30

Figure 4 - Exemple d'un bilan de recherche dans une classe de troisième sur le problème du Billard

Vocabulaire et points techniques :

- Peut-on expérimenter avec un billard carré (même nombre de lignes et de colonnes) ?
Oui, car le carré est un rectangle particulier ayant tous les côtés de même longueur.

Conjectures vérifiées lors de la mise en commun :

1. Si le nombre de lignes et de colonnes est impair, alors le rayon traversera tous les carreaux. On trouve leur nombre en multipliant la longueur par la largeur :
 $L \times l = \text{nombre de carreaux traversés}$
Conjecture FAUSSE : le billard (5 ; 5) est un contreexemple.
2. Si le nombre de lignes et de colonnes est pair, alors le rayon traversera la moitié des carreaux.
Conjecture FAUSSE : le billard (4 ; 8) est un contreexemple car le nombre de carreaux traversés est le quart du nombre de carreaux du billard.
3. Si la longueur et la largeur du billard sont pairs, alors le nombre de carreaux traversé est égal au nombre de colonnes.
Conjecture FAUSSE : le billard (6 ; 16) est un contreexemple.

Conjectures à valider :

1. Si la largeur est égale à la longueur (le billard est carré), alors le nombre de carreaux traversé est égal au nombre de colonnes, c'est-à-dire à la longueur. Exemples : (5 ; 5), (6 ; 6)
2. Si le nombre de lignes est dans la table du nombre de colonnes (multiple), alors le nombre de carreaux traversé est égal au nombre de colonnes. Exemples : (3 ; 9), (5 ; 15), (4 ; 8)

— Lors de la mise en commun et du débat : une fois les affiches de présentation finalisées, l'enseignant doit prendre le temps de les analyser pour identifier les contributions que chaque groupe apporte à la recherche du problème et leur avancée. En fonction de cela, il pourra décider l'ordre de passage des groupes à l'oral. Au moment de la mise en commun, l'enseignant rappelle la posture des élèves qui présentent leur travail (clarté, argumentation) et celle des élèves à l'écoute (effort de compréhension de la présentation, formulation de questions pour la clarification, comparaison avec les résultats déjà entendus) ; puis il reste en retrait et se fait secrétaire de la classe : il note les éléments saillants, il les organise sans chercher à orienter les discussions vers un but qu'il se serait fixé. Si

un débat ne s'enclenche pas, l'enseignant peut prendre l'initiative de demander à des élèves de reformuler ce qu'ils ont entendu, il peut poser des questions lui-même en encourageant les élèves à faire de même. Une fois le temps de mise en commun terminé, l'enseignant élabore un bilan qui sera la base pour la suite de la séquence.

Les difficultés, surtout pour un enseignant qui souhaite se lancer dans ce type d'enseignement, peuvent se situer, en premier lieu, au niveau du choix du problème, qui peut être pensé comme trop complexe pour les élèves ou demandeur d'un travail d'analyse trop conséquent. Ensuite, lors d'une première expérience, un enseignant peut se sentir dépassé par les très nombreux gestes professionnels à mettre en place pour la gestion du travail de

groupe des élèves ainsi que des différents temps de la recherche, pour l'analyse en temps réel des avancées de la recherche, l'adaptation aux imprévus, le travail d'analyse des productions des élèves et d'organisation de la mise en commun, la gestion du débat. Chacun de ces points évoqués nécessite alors un accompagnement pour que la perspective d'une première expérimentation ne soit pas freinée par la charge de travail qu'elle implique et pour que l'enseignant qui se lance puisse avoir un collègue auquel il peut poser toutes les questions qui émergent de sa réflexion.

La seconde phase d'une séquence fondée sur la recherche de problèmes est constituée des **études**. Ce sont les paragraphes qui vont structurer la séquence et permettre d'approfondir le travail qui a été commencé en classe pour permettre aux élèves d'avancer dans la résolution du problème et de travailler les notions mathématiques ciblées. Elles s'articulent autour (Figure 5) :

- des retours sur les différents points évoqués dans le bilan (justification, approfondissement...);
- de ce qu'il reste à investiguer ;

Etude 1 - Vérification des conjectures émises

Travailler sur le statut de l'exemple et du contre-exemple (première étape dans la démarche de preuve). Recherche des conjectures fausses et des autres (qui semblent être vraies).

Etude 2 - Classification des différentes trajectoires possibles

Séparation en 3 cas:

- Cas n°1: Quand tous les carreaux sont traversés
- Cas n°2: Quand le rayon rebondit mais ne revient jamais en arrière
- Cas n°3: Quand le rayon revient en arrière mais que tous les carreaux ne sont pas traversés

Les cas n°1 et 2 sont souvent déjà cités dans les conjectures proposées. Le cas n°3 englobe les deux autres et sera la solution du problème.

Etude 3 - Solution du problème

On utilise les cas n°1 ou 2 pour démontrer le cas n°3. La démonstration utilisée se fait à partir d'un exemple générique. Ce type de preuve est à manipuler avec prudence avec les élèves (pour ne pas faire de raccourcis du type : exemples \Leftrightarrow preuves).

Pour renforcer la validité de ce résultat, on proposera en exercices de répondre au problème dans des cas précis pour entraîner les élèves à chercher le PGCD de deux nombres en décomposant en produit de nombres premiers (le jeu de Pénélope peut être proposé à cette occasion)

Etude 4 - Entraînement : résolution de problème en arithmétique.

Exercices d'applications (simplification de fractions, problèmes d'engrenage...), jeux ou problèmes de brevet. Voir le doc 4 « ressources en arithmétiques ».

Figure 5 - Exemple d'études travaillées dans une classe de troisième sur le problème du Billard

- des connaissances mobilisées ;
- et comportent :
- des points « cours » bien identifiables ;
 - des exercices en lien direct avec la situation ou avec les connaissances mobilisées.

Du point de vue des apprentissages, les objectifs sont la construction et l'acquisition des savoirs mathématiques de la séquence en lien avec les programmes, à savoir multiples et diviseurs d'un nombre, diviseurs communs, nombres premiers, décomposition en produit de facteurs premiers pour la recherche des diviseurs d'un nombre et fractions irréductibles.

Dans cette deuxième phase, les gestes professionnels de l'enseignant sont liés à la capacité de partir de l'analyse des savoirs qui ont émergé lors de la phase de recherche du problème pour aboutir à une construction structurée des notions mathématiques en jeu. Il s'agit de penser les différents points de cours dans un continuum avec la recherche effectuée, de réfléchir à la trace écrite et aux exercices d'application qui vont jaloner la séquence. Les difficultés se situent au niveau de la structuration de la séquence, du choix des notions à étudier et de leur organisation. Il est nécessaire que l'enseignant ait une vision globale de la séquence fondée sur le problème en question pour qu'il puisse être souple et s'adapter à l'avancée des élèves, éventuellement rebondir si des imprévus se présentent. Ceci nécessite un accompagnement sur l'identification des connaissances qui peuvent être travaillées et/ou construites à partir du problème en fonction du niveau de la classe où on souhaite expérimenter la séquence, l'anticipation des conjectures qui peuvent émerger et des notions qui peuvent être traitées lors de leur vérification.

La troisième phase comporte la **synthèse** de l'étude du problème ainsi que les traces

écrites. La synthèse consiste à faire un résumé de la séquence pour rappeler aux élèves le « parcours » effectué et les notions mathématiques abordées. Elle est souvent présentée sous forme d'une carte mentale, agrémentée d'un point culturel (Figure 6 de la page suivante).

Les traces écrites correspondent aux éléments de cours à retenir pour les élèves. Elles sont organisées sous forme de fiches méthodes ou chapitres, pour que l'élève puisse avoir un support rigoureux des notions qui ont été abordées (Figure 7 page suivante).

Du point de vue des apprentissages, un premier objectif est celui de donner aux élèves une trace écrite claire, explicite et structurée qui présente de façon organisée les connaissances étudiées et qui constitue une référence pour les élèves tout le long de l'année. Un deuxième objectif, en particulier dans l'utilisation d'une carte mentale de synthèse, est celui d'explicitier aux élèves toutes les connaissances et les compétences travaillées au sein de la séquence.

Dans cette troisième phase, les gestes professionnels de l'enseignant sont liés à l'élaboration d'une trace écrite claire, synthétique des notions étudiées, en utilisant, dès que possible, des exemples en lien avec le problème qui a fait l'objet de la recherche. Les difficultés peuvent se situer au niveau de l'articulation de la trace écrite avec la recherche du problème effectuée, ce qui peut nécessiter un accompagnement à travers le partage de documents et d'expériences sur des séquences déjà mises en œuvre.

Une organisation de l'année peut ensuite être construite à partir de plusieurs séquences fondées sur des situations didactiques de recherche de problèmes, comme le montre l'exemple de la figure 8.

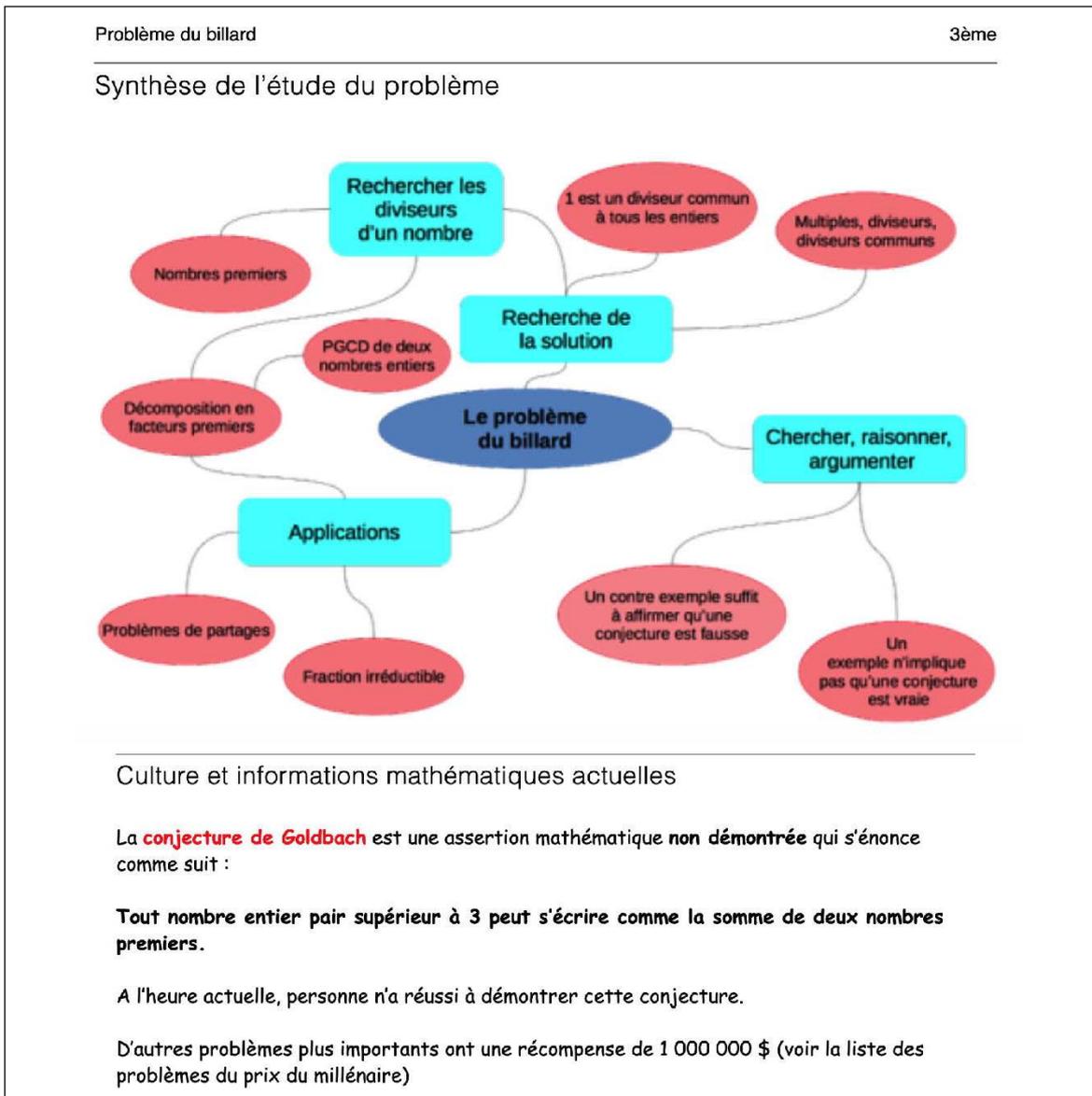


Figure 6 - Exemple d'une synthèse dans une classe de troisième sur le problème du Billard

Nous venons de montrer, sur l'exemple du problème du Billard, que la mise en œuvre de progressions fondées sur la recherche de problèmes comporte un nombre très important de gestes professionnels spécifiques et

demande ainsi le développement des compétences suivantes :

- **Compétence 1** : être capable d'analyser un problème de mathématiques en vue de

III- Qu'est-ce qu'un nombre premier ?

Définition : Un nombre premier est un entier naturel qui a exactement deux diviseurs : 1 et lui-même.

Remarques
 Le nombre 1 n'est pas premier car il n'a qu'un seul diviseur.
 Le nombre 2 est le plus petit des nombres premiers et c'est aussi le seul qui soit pair.
 Il y a une infinité de nombres premiers.

Exemples :
 Le nombre 23 est premier car il n'a que deux diviseurs entiers distincts qui sont 1 et 23.
 Le nombre 27 n'est pas premier car il est divisible par 1, 3, 9 et 27.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

CRIBLE D'ERATOTENE

Trouver tous les nombres premiers inférieurs à 100.

Liste des nombres premiers inférieurs à 100 :
 2 ; 3 ; 5 ; 7 ; 11 ; 13 ; 17 ; 19 ; 23 ; 29 ; 31 ; 37 ; 41 ; 43 ; 47 ; 53 ; 59 ; 61 ; 67 ; 71 ; 73 ; 79 ; 83 ; 89 ; 97

IV- Recherche des diviseurs d'un nombre

A. Décomposition d'un nombre en produit de facteurs premiers

Propriété : Tout nombre entier supérieur ou égal à 2 peut se décomposer en un produit de facteurs premiers.

Remarque : Cette décomposition est unique.

Exemples : Décomposer en produit de facteurs premiers 30 et 588.

• $30 = 15 \times 2$
 $30 = 5 \times 3 \times 2$ Décomposition en facteurs premiers : 2 ; 3 et 5 sont des nombres premiers.

• $588 = 2 \times 294$
 $588 = 2 \times 2 \times 147$
 $588 = 2 \times 2 \times 3 \times 49$
 $588 = 2 \times 2 \times 3 \times 7 \times 7$
 $588 = 2^2 \times 3 \times 7^2$

B. Trouver le plus grand diviseur commun (PGDC)

Méthode pour calculer directement le Plus Grand Diviseur Commun de deux nombres entiers à l'aide de la décomposition en facteur premier (avec ou sans puissances) :

- On décompose les deux nombres en produit de facteurs premiers ;
- On identifie les diviseurs premiers communs ;
- On multiplie entre eux tous les diviseurs premiers communs pour trouver le plus grand d'entre eux.

C. Fractions irréductibles

Définition : Une fraction irréductible est une fraction qu'on ne peut pas simplifier

Rappel : Pour simplifier les fractions, on utilise la propriété suivante :
 Si a, b et c désignent des nombres entiers (avec $b \neq 0$ et $c \neq 0$). Alors : $\frac{a \times c}{b \times c} = \frac{a}{b}$

Méthode : Rendre une fraction irréductible.

- On décompose en produits de facteurs premiers le numérateur et le dénominateur de la fraction.
- On simplifie la fraction par les diviseurs communs au numérateur et au dénominateur.

Exemples : $\frac{120}{84} = \frac{2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 5}{2 \times 2 \times 3 \times 7} = \frac{10}{7}$

$120 = 2 \times 60$
 $120 = 2 \times 2 \times 30$
 $120 = 2 \times 2 \times 2 \times 15$
 $120 = 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 5$

$84 = 2 \times 42$
 $84 = 2 \times 2 \times 21$
 $84 = 2 \times 2 \times 3 \times 7$

Figure 7 - Exemple de traces écrites dans une classe de troisième sur le problème du Billard

- 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.

Dans la perspective de diffuser à d'autres enseignants cette modalité d'enseignement, les travaux du groupe DREAM ont mis en évidence la nécessité d'une formation et d'un accompagnement qui peuvent être pensés à plusieurs niveaux : la recherche collaborative entre enseignants et chercheurs au sein du groupe DREAM d'une part ; et le travail collaboratif entre les enseignants sur le terrain dans le cadre du LÉA DuAL, dans une perspective de changement d'échelle d'autre part.

3. — Présentation du dispositif d'accompagnement

Le dispositif d'accompagnement que nous avons mis en place pour suivre et soutenir des

UN DISPOSITIF D'ACCOMPAGNEMENT A L'ENSEIGNEMENT FONDE SUR LA RECHERCHE DE PROBLEMES

Période 1	Séquence principale / Problème de recherche	En rituel	Thème dominant
	Le problème du billard	Calcul mental et écrit dans Z et Q ; Puissances	Thème A - Arithmétique
	Les pourcentages		Thème B
Période 2	Séquence principale / Problème de recherche	En rituel	Thème dominant
	EPI Maths - EPS : Vitesses et Statistiques	notation scientifique et ordre de grandeur ; Rappels Scratch ; grandeurs composées	Thème B et C
Période 3	Séquence principale / Problème de recherche	En rituel	Thème dominant
	Les triangles rectangles entiers	Rappels sur les aires et les périmètres ; rappels de proportionnalité ; Ratio	Thème D - Triangles rectangles
Période 4	Séquence principale / Problème de recherche	En rituel - en AP	Thème dominant
	Le théorème de Thalès	Calcul littéral (dev et fact), Programmes de calculs ; Algorithmes et utilisations de variables	Thème D
	La boîte sans couvercle		Thème B - Fonctions
Période 5	Séquence principale / Problème de recherche	En rituel - en AP	Thème dominant
	La boîte sans couvercle (suite)	Factorisations et 3ème Identité Remarquable ; équations (1er degré, produit, $x^2=a$) ; Volumes et repérage dans le plan et l'espace ; fonctions affines et linéaires	Thème B
	Les transformations du plan		Thème D
	Trigonométrie		Thème D
	Le problème de la télécommande		Thème B - Probabilités

Figure 8 - Exemple d'une progression fondée sur la recherche de problèmes, classe de troisième, année 2018-2019. Source : site dreamaths.

enseignants à proposer un enseignement fondé sur la recherche de problèmes repose essentiellement sur deux collaborations, au sein du Groupe DREAM et du LéA DuAL, et sur l'articulation entre elles (Figure 9).

Ce dispositif d'accompagnement se concentre sur la première phase de la mise en œuvre d'une séquence fondée sur la recherche d'un problème. Son but est d'amener l'enseignant accompagné dans la réalisation des objectifs suivants :

- comprendre ce qu'est un problème de recherche pour la classe de mathématiques,

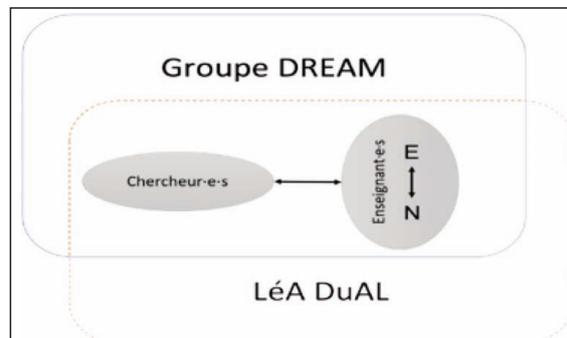


Figure 9 - Organisation et articulation du groupe DREAM et du LéA DuAL

- concevoir et expérimenter une situation de recherche, pour viser, plus tard, une séquence voire une progression annuelle fondée sur la recherche de problèmes,
- faire évoluer sa pratique et observer les effets de ce changement de pratique.

Dans la suite, nous allons décrire ce dispositif d'accompagnement, en prenant appui sur un exemple vécu au sein du groupe DREAM. Les deux enseignantes qui sont au cœur du dispositif d'accompagnement, sont deux professeures en collège de la banlieue lyonnaise en REP+. Après plusieurs années d'expérience en tant qu'ingénieures en entreprise, elles se sont reconverties dans l'enseignement des mathématiques, pour l'une – l'enseignante accompagnatrice, notée M. dans la suite – la reconversion datait de plusieurs années, pour l'autre – l'enseignante accompagnée, notée F. dans la suite – elle était très récente. L'enseignante accompagnée est donc une enseignante qui souhaite mettre en place un enseignement des mathématiques par la recherche de problèmes, mais qui n'a pas encore pratiqué ce type d'enseignement.

L'enseignante accompagnatrice est une enseignante qui a déjà construit et mis en œuvre plusieurs séquences complètes en mathématiques fondées sur la recherche d'un problème.

Les deux collaborations, entre chercheurs et enseignantes d'une part et entre enseignantes d'autre part, ont été observées et analysées à l'occasion de l'accompagnement de F. pendant sa première année d'enseignement. Ces collaborations se sont concrétisées par différents temps de préparations, observations croisées et débriefings tout au long de l'année que nous présentons succinctement dans le tableau ci-dessous et que nous détaillons par la suite.

Le cœur du dispositif est l'accompagnement de F. dans la conduite de sa première séance de recherche de problèmes en classe, qu'il s'agisse de la préparation commune en amont, de l'observation en séance ou de débriefings a posteriori. L'objectif est de lui permettre d'apprendre « en faisant », dans des conditions sécurisantes, et de maintenir la motivation à s'engager dans ce changement de pratiques.

Temps	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7
Contenu	Préparation de l'observation de la première séance de F. par M.	Préparation de la première séance de F.	Observation croisée sur le terrain : première séance de F.	Débriefing à chaud	Débriefing à froid	Préparation de l'observation d'une séance de M. par F. + Observation croisée sur le terrain : séance de M.	Réflexion sur les conditions qui ont rendu possible l'accompagnement.
Acteurs	Chercheurs et enseignantes	Enseignantes	Enseignantes	Enseignantes	Chercheurs et enseignantes, puis enseignantes	Enseignantes	Chercheurs et enseignantes

La séance en question était la première de la séquence sur l'arithmétique en classe de troisième, introduite avec le problème du Billard présenté aux paragraphes II.2 et II.3. Le choix du problème a été accompagné : le problème du Billard a été retenu parmi la banque de problèmes de recherche du site DREAM⁴ car il était adapté aux contraintes de temps et de niveau de la classe concernée, et il était accompagné de ressources déjà prêtes à l'utilisation, telles que les analyses didactiques et mathématiques. De plus, ce problème se développe autour de connaissances ciblées, ce qui permet ainsi de limiter les enjeux d'apprentissages des élèves. Cela permet d'assurer, pour l'enseignante accompagnée, un sentiment de maîtrise afin qu'elle puisse se concentrer sur la mise en œuvre de l'enseignement par la recherche de problèmes en « lâchant prise », à son rythme, sur son mode d'enseignement traditionnel.

Nous détaillons dans la suite chaque temps constitutif du dispositif d'accompagnement pour la mise en œuvre de la séquence sur l'arithmétique à partir du problème du Billard.

Temps 1 – Préparation entre chercheurs et enseignantes de l'observation de la première séance de F. par M.

L'enseignante accompagnatrice a souhaité travailler avec les chercheurs du groupe DREAM sur la posture d'observateur. Les échanges avec les chercheurs et leurs questionnements ont mis en lumière la nécessité de se focaliser sur un nombre limité d'observables : l'objectif est-il d'observer l'enseignante F., sa posture, la gestion des rebondissements et les conséquences sur les apprentissages des élèves ? Ou le but visé est-il de concentrer son attention sur le travail des élèves ? Dès cette étape, l'enseignante accompagnatrice a ainsi

pu sensibiliser sa collègue à l'intérêt d'exprimer ses souhaits en matière d'accompagnement pour la première séance : les observables associés aux potentielles sources de difficultés principales identifiées par l'enseignante accompagnée ont été structurées sous forme d'une grille (voir détails au Temps 5).

Il est important de souligner ici le rôle des chercheurs dans l'accompagnement à la constitution de la grille à l'occasion d'un autre temps, antérieur au dispositif décrit dans cet article : en effet, une chercheuse du groupe DREAM avait dispensé un module de formation à l'enseignement des mathématiques par la recherche de problèmes pendant la formation initiale de F. L'exigence d'expérimenter ce type d'enseignement pendant la formation initiale avait donc familiarisé l'enseignante accompagnée avec l'élaboration d'une grille d'observation mettant l'accent sur les éléments importants qu'elle souhaitait voir observés pendant la mise en œuvre de la recherche de problème en classe. Cette pratique s'est avérée bénéfique pour alimenter les échanges entre les deux enseignantes dans les temps suivants.

Temps 2 – Préparation de la première séance de l'enseignante accompagnée

L'enseignante F. a souhaité travailler avec sa collègue expérimentée M. tous les points lui posant question pour préparer sa première séance : du point de vue logistique mais aussi du point de vue des savoirs mathématiques à acquérir par les élèves ainsi que des compétences transversales nécessaires à la mise en œuvre de la recherche dans le cadre d'une SDRP.

Plus précisément concernant l'aspect logistique, les deux enseignantes ont échangé sur :

- l'introduction du problème à la classe : lecture de l'énoncé puis reformulation par quelques élèves ;

⁴ https://dreamaths.univ-lyon1.fr/icap_website/view/1324

- l'explicitation des phases de recherche aux élèves ;
 - la gestion du temps des différentes phases par l'enseignant. Les échanges ont permis de calibrer et de décider d'allouer 5 minutes à la phase de recherche individuelle, 30 minutes à la phase de recherche de groupe et 5 minutes pour faire un point d'étape avec les élèves avant la séance suivante ;
 - la gestion de la répartition des rôles des élèves au sein des groupes, pour les impliquer individuellement en s'appuyant sur leurs points forts (le secrétaire, le gardien du temps, le garant du niveau sonore, ...) en répondant aux questions qui avaient été posées : comment inciter les élèves qui travaillent rapidement et individuellement à participer au travail de groupe ? Comment impliquer les élèves qui s'amuse/chahotent ?
 - le support à utiliser pour recueillir la trace écrite des recherches des élèves, tant dans la phase de recherche individuelle que de groupe. L'enseignante F. a présenté à sa collègue M. un support (Figure 10) proposé par la chercheuse du groupe DREAM pendant sa formation initiale. L'enseignante M. a quant à elle suggéré à F. de s'équiper de feuilles quadrillées à donner, si besoins, aux élèves qui souhaitent tester plusieurs configurations de billard dans le but de les aider à réaliser rapidement des exemples ;
 - le support pour la présentation des résultats de la recherche : le choix s'est porté sur un format A3 pour réaliser une affiche présentant une synthèse des résultats et qui serait ensuite prise en photo puis projetée au tableau lors de la mise en commun et du débat ;
 - la configuration de la salle dans un contexte de changements fréquents de salles, empêchant l'anticipation d'une configuration en îlots : les réflexions ont porté sur la possibilité d'organiser la salle en amont de la séance ou d'impliquer les élèves en début de séance.
- Notons que ces aspects logistiques sont indispensables car ils permettent de favoriser

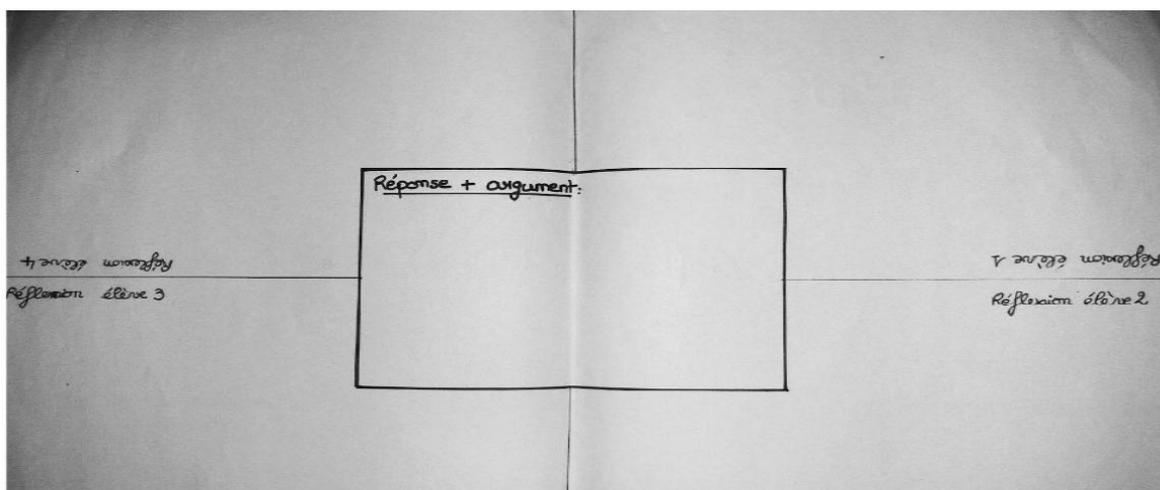


Figure 10. Support pour la recherche qui prévoit quatre espaces pour la recherche individuelle des élèves, puis un espace pour le travail en groupe (au centre)

la dévolution du problème aux élèves dans les différentes phases de la recherche (compétence 2).

Concernant les savoirs mathématiques en jeu, les deux enseignantes ont validé ensemble les apprentissages mathématiques associés au problème cherché (compétence 1) ainsi que leur inscription dans la progression et dans les programmes de la classe (voir le paragraphe II.3). Pour la classe de troisième, les notions d'arithmétique prévues étaient les suivantes : déterminer si un entier est ou n'est pas multiple ou diviseur d'un autre entier, utiliser les critères de divisibilité attendus par les programmes, utiliser la notion de nombre premier et les nombres premiers inférieurs ou égaux à 100, décomposer un nombre entier en produit de facteurs premiers, simplifier une fraction pour la rendre irréductible, modéliser et résoudre des problèmes mettant en jeu la divisibilité.

La préparation de séance a également permis à l'enseignante accompagnée de prendre conscience des compétences transversales sur lesquelles faire progresser les élèves :

- travailler en groupe ;
- gérer le brouillon et l'erreur ;
- produire une affiche et enfin présenter à l'oral.

Cette réflexion a aussi été l'occasion d'évoquer des pistes de collaborations avec d'autres acteurs (notamment professeurs principaux, professeure documentaliste) pour développer cette collaboration au sein même de l'établissement, notamment sur des aspects transversaux comme la méthodologie de réalisation d'une affiche de synthèse d'une recherche et la méthodologie d'un exposé. Les réponses ou propositions apportées aux interrogations de l'enseignante F. lui ont permis de se sentir comprise et légitime dans l'expression de ses besoins. L'enseignante accompagnatrice a pris soin de la valoriser

dans son approche sans imposer quoi que ce soit. Par exemple, elle a rassuré F. sur le fait qu'une première séance constitue une base de données expérimentales à analyser a posteriori pour améliorer sa pratique, sans pression de résultats ni pour l'enseignant ni pour les élèves. Ce message est un repère clé pour l'enseignant qui se lance, comme un leitmotiv qui l'accompagne pour vivre sa première expérience sans attente de performance mais plutôt comme un observateur de sa propre pratique.

Temps 3 – Observation croisée sur le terrain : première séance de l'enseignante accompagnée

L'enseignante F. a souhaité la présence de sa collègue M. dans sa classe, d'une part pour avoir un retour extérieur sur les points critiques qu'elle souhaitait observer (voir détails au Temps 5) mais aussi pour pouvoir faire appel à elle en temps réel si un événement survenait pendant la recherche en classe qui n'aurait pas été anticipé pendant la préparation et qui la mettrait en difficulté.

La présence de l'enseignante accompagnatrice pendant la première séance a favorisé l'instauration d'un cadre rassurant permettant à F. de se sentir en confiance, d'apprécier l'expérience et d'avoir envie de la poursuivre. Le recueil des éléments observés a conduit à la formulation de recommandations concrètes, faciles à mettre en œuvre dès la séance suivante. Ces recommandations ont porté sur la gestion du temps, la gestion des questionnements des élèves confrontés à une nouvelle situation d'apprentissage, la gestion de la synthèse collective à l'issue de la recherche et enfin, la relance vers le cours suivant. En particulier, ont été soulignés :

- l'importance d'explicitier plusieurs fois les objectifs, les étapes et le temps imparti aux élèves pendant la séance, surtout

s'il s'agit de leur première recherche de l'année ;

- l'intérêt de faire un premier bilan collectif à l'issue du temps de recherche individuel pour s'assurer que tous les élèves ont compris les enjeux et peuvent se lancer (compétence 2) ;
- la nécessité de travailler le statut de la preuve à l'occasion du passage dans les groupes en questionnant les élèves sur leur raisonnement pour parvenir à leur réponse (compétence 3). Par exemple, le problème du billard est une situation qui permet d'introduire le contre-exemple et la nécessité de vérifier les conjectures fondées sur un nombre limité d'exemples de manière très naturelle.

L'enseignante accompagnatrice est intervenue à plusieurs occasions pendant la séance, aussi bien auprès de sa collègue F. qu'auprès des élèves. Son expérience lui a permis de remarquer certaines difficultés des élèves qui auraient pu passer inaperçues dans le flux de la séance et de partager en direct quelques pistes pour y répondre (compétence 5), comme par exemple :

- aider une élève à exprimer les questions qu'elle se pose et qui l'empêchent d'entrer dans la recherche ;
- encourager un autre élève à mettre des mots sur sa démarche purement intuitive pour convaincre le groupe ;
- proposer à certains groupes de diversifier les exemples qu'ils testent. Pour le problème du Billard, les élèves ont tendance à faire du cas où tous les carreaux du billard sont traversés, le cas de référence qui doit se produire pour que l'exemple soit « correct ». Une intervention, en proposant une configuration du billard où cela ne se produit pas, peut permettre de faire

évoluer la recherche des élèves et les résultats produits.

Un passage particulièrement délicat dans toute séance de recherche de problème est la transition d'une phase à l'autre pour interrompre le travail des élèves et les amener à se projeter vers la phase suivante. L'expérience associée à du lâcher prise aide à la gestion de ces transitions pour anticiper ces moments où une conclusion s'impose. C'est pourquoi, à l'issue de la synthèse collective en fin de séance, l'enseignante accompagnée a choisi de passer la main à sa collègue M. qui a proposé aux élèves un défi directement tiré de leurs premières productions de recherche, à travailler à la maison d'ici à la séance suivante. La difficulté évoquée ici est inhérente au dispositif même de l'enseignement par la recherche de problèmes qui nécessite de construire son enseignement à partir des productions effectives des élèves (compétence 5) : habituellement, un problème donné à des élèves se termine par la correction permettant de conforter les élèves ayant atteint la solution et aider les autres élèves à résoudre de futurs problèmes similaires. Ici, l'accent mis sur la recherche plutôt que la solution impose un emploi du temps orchestré par le professeur dans son attention à maintenir un temps didactique préalablement envisagé.

Temps 4 – *Débriefing à chaud entre enseignantes*

L'enseignante F. a souhaité travailler avec sa collègue M. juste après la première séance pour capitaliser à chaud des premières pistes de bonification de sa pratique et pour préparer concrètement les prolongements et l'institutionnalisation à travailler avec la classe dès la séance suivante (compétence 6).

Ce débriefing à chaud juste après la première séance permet à l'enseignant qui se lance

de rester suffisamment confiant pour poursuivre dès le lendemain avec la classe sur le problème testé. En effet, les remarques et encouragements de la collègue expérimentée ont confirmé que la gestion de la classe avait permis aux élèves de s'engager dans la recherche et de faire des mathématiques. L'enseignante accompagnatrice a notamment souligné le fait que la majorité des élèves a manifesté de l'entrain pendant l'activité, en entrant dans la tâche, en acceptant de chercher, de se questionner et de se laisser questionner par les enseignantes présentes auprès d'eux.

En parallèle, F. a pu solliciter l'expertise de sa collègue M. pour extraire les éléments nécessaires à la construction de la séance suivante à partir des différents cas de figure identifiés par les élèves (compétence 5) pendant la phase de recherche et exposés pendant la synthèse collective (le rayon traverse tous les carreaux du billard, le rayon traverse le billard sans revenir en arrière, le cas du billard carré). L'échange a permis qu'elle se sente suffisamment outillée pour poursuivre seule avec la classe son expérimentation.

Temps 5 – Débriefing à froid entre chercheurs et enseignantes puis entre enseignantes

Les chercheurs ont incité les enseignantes à capitaliser sur les bénéfices induits par les premiers temps de l'accompagnement en les questionnant sur les obstacles que F. avait pu surmonter grâce au dispositif d'accompagnement, et en les incitant à rédiger un article de retour d'expérience pour la Newsletter du groupe DREAM (Leclerc, 2021).

Les enseignantes ont ensuite organisé un débriefing à froid avec un retour détaillé sur la grille d'observations (Figure 11, page ci-contre),

permettant une amélioration de la pratique de F. (compétence 6) selon un double effet :

- d'une part, l'analyse a posteriori a permis de confronter la réalité de la séance avec ce qui était attendu lors de la préparation en amont,
- d'autre part, cette analyse a posteriori a permis d'améliorer la grille d'observations elle-même, mettant en évidence ce qui avait été bonifié grâce à son utilisation et ce qui n'avait pas pu l'être.

En effet, la grille avait permis d'attirer l'attention des deux enseignantes à plusieurs reprises autour de la nécessité d'explicitement aux élèves les attendus en matière de compétences transversales pendant la recherche (compétence 3). Mais c'est à l'occasion du débriefing à froid, après expérimentation et en ayant du temps pour échanger, que la question de l'explicitation des attendus pour guider la trace écrite des élèves a été approfondie entre les deux enseignantes.

Temps 6 – Préparation de l'observation d'une séance de M. par F. et observation croisée sur le terrain

L'enseignante F. a souhaité observer sa collègue M. dans sa propre classe pendant une phase de mise en commun des productions des élèves avec débat et synthèse (compétence 4).

Cette phase était perçue par F. comme particulièrement délicate à mener et nécessitant d'être observée et discutée avec sa collègue expérimentée avant d'être vécue dans sa propre pratique. L'enseignante M. a ainsi dû expliciter, sur un exemple concret, ses gestes et postures (cf. partie II) pendant cette phase de l'enseignement par la recherche de problèmes.

Action de l'élève	Difficulté possible	Aide possible	Effet attendu	Bonifications E. (Debrief post-séance)
Écoute de la lecture de l'énoncé par l'enseignant puis reformulation				Pour un premier problème, expliciter encore plus les objectifs, les étapes et le timing de la séance (en les affichant au tableau par exemple) De façon régulière pendant la séance, rappeler les objectifs et le timing restant
Temps de recherche individuel	"Page blanche". Ne sait pas par où commencer	L'inciter à noter ses questions dans la case prévue à cet effet.	Entrée de l'élève en activité	Pour un premier problème, expliciter les formats de productions possibles : schémas, dessin de la situation, tableau, démarche à écrire. Donner/Montrer des exemples. Suggestion : faire un bilan à l'issue de cette étape en faisant reformuler par les élèves avant de lancer le travail collectif. Travailler le statut du brouillon en continu avec les élèves (pourquoi pas un cahier de recherche?) : les convaincre de leur droit à l'erreur, essentiel pour chercher/progresser
Temps de recherche collectif - implication dans l'activité	- amusements, chahut - passivité de certains et monopoles de la parole pour d'autres	- répartition des rôles dans les îlots : garant du niveau sonore (contre carnet), <i>time keeper</i> , secrétaire, porte-parole - les enseignantes passent régulièrement pour interroger les silencieux/chahuteurs et les ramener dans le groupe - en cas de débordement disciplinaire trop important, prévoir un bureau isolé en retrait du groupe classe	- implication du plus grand nombre dans l'activité	Pour un premier problème : 1. dans l'idéal, avoir anticipé dans un autre cadre l'expérimentation des différents rôles dans le groupe de travail. 2. si cela n'a pas été possible, peut-être se focaliser sur le rôle qui paraît essentiel à l'enseignant et laisser libre l'organisation des autres rôles dans le groupe de travail, pour éviter le 'trop d'infos nouvelles' d'un coup
Participation orale à la synthèse finale	Manque de temps pour copier en fin de séance le bilan construit au tableau	Photo du tableau prise par l'enseignant		Confier aux élèves un défi final à traiter chez eux d'ici à la prochaine séance pour montrer l'intérêt de la recherche (et activer leur capacité de mémorisation pour nourrir les séances suivantes) Possibilité de déposer sur l'ENT la photo du bilan écrit au tableau en demandant aux élèves de le recopier à la maison d'ici à la prochaine séance. Pour la séance suivante, penser à faire reformuler aux élèves ce qu'ils ont fait pendant la séance de recherche

Figure 11 - Extrait de la grille qui, une fois remplie, a été analysée par les deux enseignantes

La séance observée concerne la phase de mise en commun des productions des élèves après leur recherche d'un problème en lien avec les probabilités (Le problème de la télécommande⁵ d'Arnaud et Julien Durand) dans une classe de troisième. La vidéo d'introduction de la situation avait été préalablement projetée aux élèves : un pari est proposé par un des deux protagonistes pour s'emparer de la télécommande grâce à un lancement de trois pièces ; si les trois pièces tombent du même côté, la télé-

commande ira à l'autre protagoniste, sinon elle ira à celui qui a lancé le pari. La question posée aux élèves était de savoir si le jeu est équitable. La recherche du problème, les mises en commun successives et les débats visaient, sans l'imposer, l'exploration des notions de probabilité théorique, d'expérience aléatoire, d'issues, du lien entre probabilité et fréquence d'apparition.

Cette observation de la pratique de l'enseignante M. a permis de « démystifier » l'idée d'une classe idéale avec un enseignant parfait

⁵ <https://mathix.org/linux/archives/7918>

et d'outiller l'enseignante F. avec des ressources concrètes que la pratique de M. lui a permis de développer au fil du temps pour gérer les imprévus en séance. Ont notamment été retenus par F. :

- avant la séance de mise en commun et débat, analyser le plus finement possible les affiches élaborées par les élèves (compétence 3) ; cela, dans le but de faire le lien entre ces productions d'élèves et les notions mathématiques qui pourraient émerger, pour organiser le passage à l'oral des élèves de manière constructive, avec un enrichissement successif des éléments présentés, afin de donner une première structure à la mise en commun (compétence 4). Les productions et le bilan des années précédentes sont aussi une ressource à garder et relire dans cette phase préparatoire ;
- l'explicitation claire aux élèves du cadre de fonctionnement de la classe pendant la phase de débat, sans laisser passer aucun écart, tout en maintenant un climat de confiance propice aux interactions (compétence 2). Aux élèves, il est rappelé qu'ils sont acteurs à chaque moment, qu'ils soient en train de présenter et répondre aux questions de la classe ou qu'ils soient assis, en train de comprendre ce qui leur est présenté et de débattre ;
- la reformulation par les élèves de ce qui a été travaillé la veille avant de lancer les présentations des affiches (compétence 4) ;
- la structuration du tableau en temps réel en fonction des informations communiquées par les élèves et la validation par le groupe classe de ce que l'enseignant note au tableau (compétence 5) ;
- le rappel après chaque présentation sur les compétences transversales à investir par les élèves au moment de la communication orale (pour ceux qui présentent : se tour-

ner vers l'auditoire, parler sans lire l'affiche,... / pour ceux qui écoutent et débattent : commencer leur phrase par « je suis d'accord ou je ne suis pas d'accord parce que ... » sans jugement), qu'ils soient le groupe en train de présenter le travail ou ceux et celles à l'écoute de la présentation (compétence 4) ;

- la mention d'éléments pertinents de la recherche évoqués par les élèves sur le brouillon, mais non retranscrits sur l'affiche de synthèse (compétence 3) ;
- accepter le lâcher prise d'une séance qui ne va pas aussi loin que souhaité par l'enseignant et faire preuve de créativité quant à la suite à donner pour la préparation du travail à poursuivre lors de la séance suivante (compétence 6). Plus concrètement, l'enseignante F. a observé l'habileté de l'enseignante M. à composer un bilan respectueux de l'avancement réel des élèves, tout en les motivant pour avancer dans la construction des attendus souhaités à l'issue de l'activité (compétence 5).

Cette observation a également impliqué pour l'enseignante accompagnatrice la nécessité de « se montrer » et d'accepter un questionnement de sa pratique, qui a « contraint » la réflexion, la prise de recul et l'analyse pour expliquer ses choix.

Temps 7 – Temps de réflexion sur les conditions qui ont rendu possible l'accompagnement

A l'issue de cet accompagnement de F. dans ses premiers mois d'enseignement fondé sur la recherche de problèmes, les chercheurs ont proposé aux deux enseignantes de réfléchir sur leur expérience. Interrogées et guidées par les chercheurs, elles ont été amenées à prendre du recul sur l'expérience vécue et à dégager et

expliciter des conditions qui leur semblaient avoir garanti le succès de la partie « accompagnement sur le terrain » du dispositif. Cela a donné lieu à ce qu'elles ont appelé des piliers que nous décrivons ci-dessous.

Pilier n°1 : Partager une épistémologie commune des mathématiques et de l'enseignement des mathématiques. Une des conséquences est un accord sur les méthodes d'enseignement en jeu : pour les deux enseignantes, il s'agissait de faire le choix de la mise en œuvre dans la classe d'une pratique régulière de la recherche de problèmes.

Pilier n°2 : Se choisir entre pairs, sans aucune injonction à travailler avec telle ou telle personne. Ce pilier garantit la relation de confiance entre les deux enseignantes.

Pilier n°3 : Interagir en continu pendant l'accompagnement, en adaptant la fréquence et la durée des interactions au fil du temps, selon les besoins exprimés.

Pilier n°4 : Pour l'enseignant accompagné, trouver le courage de formuler explicitement ses besoins. Il s'agit ici d'exprimer en toute humilité ses axes d'amélioration pour pouvoir apprendre et progresser de façon efficace.

Pilier n°5 : Pour l'enseignant qui accompagne, importance d'avoir une posture adaptée : à l'écoute, sans jugement, capacité à questionner sans apporter de « réponses toutes faites » ni d'injonctions, avoir du recul sur sa propre pratique, être disposé à « se laisser observer ».

Les échanges et discussions sur l'identification et l'explicitation de ces piliers ont été à la base de l'analyse des compétences professionnelles développées par les enseignantes grâce à l'accompagnement mis en place.

4. — Analyse du développement professionnel des enseignants grâce à ce dispositif d'accompagnement

Le développement professionnel est considéré dans cet article dans sa dimension développementale et dans une perspective professionnalisante (Uwamariya & Mukamurera, 2005). Il s'agit en effet de considérer le développement professionnel comme une croissance personnelle et une transformation des comportements ; et comme un processus d'apprentissage et de transformation des compétences, c'est-à-dire un processus de « transformations individuelles et collectives des compétences et des composantes identitaires mobilisées ou susceptibles d'être mobilisées dans des situations professionnelles » (Barbier, Chaix et Demailly, 1994, p.7). Ainsi ce que nous mettons en évidence dans cet article est le mouvement progressif qui permet aux enseignants d'analyser et de comprendre les événements qui peuvent survenir dans leurs classes ; mais aussi la compétence à faire face à des situations professionnelles nouvelles en considérant qu'un « professionnel compétent est une personne capable de maîtriser un ensemble de situations professionnelles » (Mayen et al., 2010, p.35). Étudier le développement professionnel des enseignants repose sur une étude dialectique, des dimensions développementale et professionnelle, ce qui passe par une compréhension des processus et des conditions qui supportent ce développement. Dans une première partie, nous pointons les compétences professionnelles développées par l'enseignante accompagnée, puis dans une seconde partie, nous pointons celles développées par l'enseignante accompagnatrice.

Développement professionnel de l'enseignante accompagnée

Le dispositif d'accompagnement a conduit l'enseignante accompagnée, dès l'année sui-

vante, à utiliser une situation de recherche de problèmes dans sa classe en modifiant la proposition initiale en fonction du contexte de sa classe, mais aussi en mettant à l'épreuve d'une analyse conjointe sa mise en œuvre vis-à-vis de la mise en œuvre de sa collègue expérimentée dans une autre classe de troisième. La deuxième année en effet, les deux enseignantes ont choisi de synchroniser leurs progressions et d'expliciter les attendus en compétences transversales (en particulier concernant la trace écrite - voir annexe 1). Les discussions entre elles et les leçons tirées de la première expérience ont ainsi amené l'enseignante accompagnée à «oser» la phase de mise en commun et de débat (compétence 4) pour le problème du Billard, et en conséquence de construire l'intégralité de sa séquence sur l'arithmétique sur les productions des élèves (compétences 3 et 5). Le développement professionnel est ainsi caractérisé par une mobilisation dans une situation professionnelle de compétences acquises dans l'accompagnement qui apparaît comme un support mutuel incitant à prendre des «risques» en adoptant de nouvelles pratiques (Spiteri & Chang Rundgren, 2017). Ces compétences d'ordre développementales sont complétées par une compétence professionnelle, à savoir 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 (compétence 6), que l'accompagnement a favorisé.

Ainsi, la question de la dévolution de l'importance des traces écrites aux élèves a alors pu être travaillée avec les chercheurs du groupe DREAM (compétence 2, spécifique pour les traces écrites), donnant lieu à l'expérimentation de fiches méthodologiques co-construites avec les élèves et les professeurs documentalistes des établissements des deux enseignantes (Annexe 1). Ces échanges au sein du

groupe DREAM ont également permis d'enrichir et d'approfondir l'analyse mathématique et didactique du problème (compétence 1).

Le dispositif d'accompagnement a donc permis à l'enseignante accompagnée de développer les compétences professionnelles précitées en mettant en œuvre une réflexion sur l'action dans l'action (Mailloux, 2000).

Développement professionnel de l'enseignante accompagnatrice

Les échanges et le travail de collaboration avec l'enseignante accompagnée et les chercheurs du groupe DREAM ont permis à l'enseignante accompagnatrice d'évoluer dans sa pratique. Elle a pu prendre du recul sur sa pratique et conscientiser des gestes et des postures, des structures mises en place tant dans le temps de préparation que dans la mise en œuvre des séquences et des séances :

- Adaptabilité au réel, aux résultats de recherche des élèves, aux éléments émergés lors de la mise en commun, aux traces écrites produites ; avancer au rythme des élèves sans imposer le rythme qu'on avait prévu (compétences 4 et 5) ;
- Cadre structurant donné aux élèves : explicitation des différents temps de la recherche et de la séquence, des attentes en termes de posture, de trace écrite, explicitation des compétences travaillées, tant mathématiques que transversales (compétence 2) ;
- Analyse fine *a priori* du problème (via la lecture des documents existants), avec un appui sur les productions des élèves et des bilans des années précédentes (compétences 1 et 3) ;
- Prendre le temps de faire des allers-retours entre ce qui s'est passé dans la séance, ce qui était prévu, les objectifs qu'on souhai-

te développer, les actions qu'on peut mener pour atteindre ces objectifs (compétence 6).

Ce travail, fondé sur l'analyse de situation professionnelle dans l'action, montre le caractère situé des compétences. L'accompagnement proposé par M. devient alors un enrichissement de la situation en proposant une autre déclinaison dans un contexte différent. Le professionnel compétent compose avec des variations de la situation, ce qui a été exactement le cas de l'accompagnante dans la situation professionnelle de mise en œuvre d'une séquence fondée sur la recherche d'un problème.

La nécessité de justifier ses choix, de les expliciter, est un exercice bénéfique qui alimente la réflexion et permet, dans l'écoute réciproque, d'enrichir son panel de possibles pour mieux s'adapter aux situations en classe (compétence 5). Cette remarque met en évidence le caractère situé d'une compétence professionnelle ainsi que le caractère distribué de la compétence dans la situation, c'est-à-dire des rapports que le sujet entretient avec la situation professionnelle qui peut permettre de développer la compétence « pour, avec et parfois malgré les conditions de travail » (Mayen et al., 2010, p.34). La prise de recul consécutive sur sa pratique a été mise à profit par M. dans l'accompagnement d'un assistant d'éducation (AED) en pré-professionnalisation, suivi en tant que tutrice au sein de son établissement (modalités de transmission de savoir et de pratiques, observations, préparations de séance, débriefing, interactions en continu pendant l'accompagnement, etc.).

La conscientisation du développement de ces compétences par les deux enseignantes est un levier important pour faire évoluer petit à petit leurs postures, d'enseignantes à formatrices, à la fois dans une dimension développementale et professionnalisante. Cela leur permet, par exemple, d'accompagner d'autres professionnels intéressés (notamment des professeurs de collège et des professeurs des écoles) par la mise en place d'un enseignement fondé sur la recherche de problèmes.

5. — Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté à la fois une organisation de l'enseignement des mathématiques construite autour de la recherche de problèmes et une formation des enseignants à cette organisation passant par un accompagnement par les pairs dans le cadre d'un groupe de recherche IREM associant des enseignants et des chercheurs en didactique des mathématiques. L'observation de cet accompagnement a permis de mettre en évidence des compétences professionnelles nécessaires à la conduite d'un tel projet et de proposer des outils pour que ces compétences puissent être mises en pratique dans le cours ordinaire. De nombreuses questions se posent encore dans une perspective de changement d'échelle, ce qui nous conduit à continuer les recherches avec des enseignants plus éloignés du groupe DREAM mais cependant sensibles à une perspective d'enseignement par la recherche de problèmes. Le LéA DuAL est à ce propos un excellent terrain d'expérimentation.

Références bibliographiques

- Aldon, G., Cahuet, P., Durand-Guerrier, V., Front, M., Krieger, D., Mizony, M., Tardy, C. (2010). *EXpérimenter des PROblèmes Innovants en Mathématiques à l'Ecole*. Cérédom INRP, IREM de Lyon.
- Aldon, G., Front, M., Gardes, M.-L. (2019). Analyse des effets d'un enseignement fondé sur la recherche de problèmes. In *Aboud, M. (Ed.) Actes du colloque EMF 2018, Paris, Editions de l'IREM de Paris*. ISBN 978-2-86612-391-8, 1085-1093.
- Aldon, G. (2021). Quanto è importante risolvere e far risolvere problemi? *Didattica Della Matematica. Dalla Ricerca Alle Pratiche d'aula*, (10), 9 - 28. <https://doi.org/10.33683/ddm.21.10.1>
- Arsac, G., Germain, G., Mante, M. (1988). *Problème ouvert et situation-problème*. IREM de Lyon.
- Arsac, G., Germain, G., Mante, M., Pichod, D. (1985). *Varions notre enseignement avec les problèmes ouverts*. Dessins Claude Tisseron, IREM de Lyon. Consulté sur <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/LY/ILY85001/ILY85001.pdf> le 28 novembre 2022.
- Arsac, G. & Mante, M. (2007). *Les pratiques du problème ouvert*, IREM de Lyon-CRDP de Lyon
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des Situations Didactiques*. La Pensée Sauvage.
- Front, M. (2015). Émergence et évolution des objets mathématiques en Situation Didactique de Recherche de Problème : le cas des pavages archimédiens du plan. *Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1*.
- Gardes, M.-L. (2013). Étude de processus de recherche de chercheurs, élèves et étudiants engagés dans la recherche d'un problème non résolu en théorie des nombres. *Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1*.
- Gardes, M.-L. (2018). Démarches d'investigation et problèmes de recherche. In *G. Aldon, Le Rallye mathématique, un jeu très sérieux ! (pp.73-96)*. Canopé Editions.
- Houdement, C. (2017). Résolution de problèmes arithmétiques à l'école. *Grand N*, 100, 59-78.
- Leclerc, F. (2021). Supervision par un pair expérimenté pour une première séance de problème ouvert dans la classe. *Newsletter DREAM*, 5, 3-5.
- MEN (2015). *Bulletin officiel spécial n°11*, 26 novembre 2015.
- Mailloux, L. (2000). L'analyse réflexive : un moyen de surmonter les difficultés liées à l'insertion professionnelle d'une enseignante du primaire. *Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke*.
- Mayen, P., Metral, J.F. & Tourmen, C. (2010). Les situations de travail : références pour les référentiels. *Recherche et formation*, 64, 31-46.
- Sancar, R., Atal, D., & Deryakulu, D. (2021). A new framework for teachers' professional development. *Teaching and Teacher Education*, 101, 103305.
- Spiteri, M., Chang Rundgren, S.N. (2017). Maltese primary teachers' digital competence: Implications for continuing professional development, *European Journal of Teacher Education*, 40 (4), 521-534. 10.1080/02619768.2017.1342242
- Uwamariya, A., & Mukamurera, J. (2005). Le concept de « développement professionnel » en enseignement : approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(1), 133-155.
- Tisseron, C. & Mizony, M. (1984/2005). *Varions notre enseignement avec les problèmes ouverts*. IREM de Lyon, consulté le 29/10/2022 sur http://math.univ-lyon1.fr/irem/spip.php?page=album&id_article=969

ANNEXE

Fiche méthodologique expérimentée par F.
co-élaborée avec M. et le groupe DREAM

RECHERCHE MATHÉMATIQUES : chercher, raisonner, communiquer source : DREAMaths 3èmes

I - TRACE ÉCRITE de RECHERCHE INDIVIDUELLE : NE RIEN EFFACER
Étape 1 : Ce que je comprends du sujet de recherche

Ce que je comprends	Les questions que je me pose

Étape 2 : Ce que je propose comme recherche pour répondre au sujet

- **Se lancer** : je dessine un schéma, je construis un tableau, ... pour reformuler le sujet
- **Noter ses idées comme elles viennent** : une idée de thème ou d'enquête, des exemples, des contre-exemples, des calculs, ...
- **Résumer ses idées** : je sélectionne les idées qui vont être utiles pour répondre et je les organise à l'écrit pour les expliquer clairement à mes camarades

II - ORGANISATION du TRAVAIL en GROUPE
Étape 1 : Notre répartition des rôles dans le groupe de travail

Maître-esse du temps	Secrétaire	Garant-e des débats	Rapporteur-trice à l'oral

Étape 2 : Nos notes pour préparer la présentation

- **Écouter** : les idées individuelles de chacun.
- **Noter toutes les idées de chacun** : mission du secrétaire qui fait répéter si besoin.
- **Choisir les idées et les résultats les plus pertinents pour répondre au sujet de recherche** : se mettre d'accord en donnant des arguments pour prouver que c'est vrai ou faux.
- **Noter la façon dont on arrive à ces résultats** : les différentes étapes organisées de façon logique et claire, les preuves (schémas, contre-exemples, calculs, propriétés du cours, ...)
- **Préparer une affiche** : avec
 - un titre
 - les tableaux, graphiques, calculs, ... avec leurs titres pour dire ce qu'ils représentent
 - le texte avec les arguments écrit assez gros et pas trop long
 - les noms des auteurs + la date

Étape 3 : Notre présentation de l'affiche

pouvoir reformuler le contenu de l'affiche sans la lire et répondre aux questions de la classe sur le sujet.