

ENSEIGNER LA RESOLUTION DE PROBLEMES AUX ELEVES DE 6-9 ANS VIA DES PROBLEMES « NON APPLICATIFS » : ANALYSE DE DISPOSITIFS DE FORMATION FONDES SUR UNE APPROCHE CONSTRUCTIVISTE OU INTEGRATIVE

Catherine Rivier, Édouard Gentaz

Professeur des écoles-Maître-Formateur, Université de Genève

ENSEIGNER LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES MATHÉMATIQUES : AVEC QUELLES APPROCHES ?

La recherche sur l'enseignement de la résolution de problèmes fait l'objet d'intenses débats entre les tenants d'une approche pédagogique constructiviste et ceux d'une approche pédagogique explicite. Les partisans de l'approche « enseignement explicite ou direct » s'appuient sur plusieurs études qui montrent ses effets bénéfiques sur des performances scolaires générales des élèves (Hattie, 2017) et les mathématiques en particulier (e.g. Baker, Gersten & Lee, 2012). Concernant le domaine particulier de la résolution de problèmes il s'agit d'enseigner explicitement des stratégies efficaces, d'encourager l'élève à raisonner à voix haute et à échanger avec les autres en mettant « un haut-parleur sur sa pensée » et à recourir à l'utilisation de nombreuses traces écrites donnant ainsi un support de référence disponible à l'élève. Ce type d'enseignement implique une pédagogie explicite et systématique avec accompagnement de l'élève par l'enseignant au début du processus d'apprentissage, identifiant clairement les étapes d'une session d'enseignement. L'objectif des différentes étapes est d'optimiser le fonctionnement des différentes mémoires en minimisant la charge de mémoire de travail de l'élève durant la phase d'apprentissage d'un nouveau concept et en lui offrant une formation approfondie et des révisions régulières pour favoriser sa mémorisation à long terme (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). L'enseignement explicite propose habituellement dans une séance les étapes suivantes : simulation et présentation de l'objectif de la séance, modélisation, pratique guidée, pratique autonome, objectivation (Rosenshine, 2012 ; Castonguay, Bissonnette, Gauthier & Richard, 2013). Baker, Gersten et Lee (2012) montrent que l'enseignement explicite est pertinent pour promouvoir un apprentissage très défini en mathématiques.

Par ailleurs, inspirés par la théorie constructiviste (Piaget, 1969), les didacticiens des mathématiques proposent une approche, basée sur certains types de problèmes, notamment celle des problèmes « ouverts » (Arsac & Mante, 1983 ; Charnay, 1992). Composés « d'un bref énoncé, qui n'implique pas une méthode ou une solution systématique », le « problème ouvert » s'inscrit dans un domaine conceptuel que les élèves connaissent assez bien pour s'approprier facilement la situation et s'engager dans des tests, des hypothèses, des projets de résolution et des contre-exemples. En France, ce type de problème continue d'influencer fortement la réflexion sur l'enseignement de la résolution de problèmes. En choisissant ces « problèmes ouverts », les enseignants visent à amener les élèves à mettre en œuvre la « démarche scientifique », soit « essayer-conjecturer-tester-prouver ». Cependant, selon les didacticiens, la mise en œuvre de l'approche scientifique peut difficilement être considérée comme un objectif d'apprentissage. Comme le rapporte Hersant (2010), il y a un paradoxe dans ces approches ouvertes d'investigation de problèmes, qui combinent la résolution de problèmes d'apprentissage et l'approche scientifique qui réside dans le fait que l'approche scientifique est désignée comme un objectif d'apprentissage en mathématiques, sans aucune explicitation des savoirs mathématiques spécifiques impliqués dans le processus de résolution (voir aussi Gandit, 2015).

Comme chacune des approches, constructiviste ou enseignement explicite, présente des avantages et des limites, il ne nous paraît pas pertinent de les opposer comme on peut le lire chez certains chercheurs aussi bien en neurosciences qu'en psychologie sociale, peu familiers de l'acte d'enseigner aux élèves. Au contraire, nous pensons que ces deux approches peuvent se compléter à condition de proposer un dispositif pédagogique qui intègre les avantages de chacune. Ce point de vue est partagé par d'autres chercheurs (Taber, 2010 ; Tobias & Duffy, 2009).

OBJECTIFS

L'objectif général de cette recherche est d'analyser deux dispositifs de formation destinés à enseigner la résolution de problèmes via des « problèmes non applicatifs » aux élèves de cycle 2 (6-9 ans) en France (Niveau 3H à 5H dans le système éducatif romand). Comme la définition de « problème ouvert » ne fait pas consensus, nous avons été amenés à travailler pour cette recherche à une catégorisation de problèmes plus précise et restreinte. Nous les avons nommés problèmes « non applicatifs » par opposition aux problèmes « applicatifs ». Par problèmes applicatifs, nous entendons ceux dont les énoncés engagent l'élève vers une procédure attendue, visant à mobiliser et entraîner une notion mathématique particulière, en lien avec la progression pédagogique. Nous avons défini pour cette recherche les problèmes non applicatifs comme étant des énoncés dont la résolution n'est pas directement accessible par l'application d'un algorithme étudié en classe. Ils n'induisent pas de méthode ni de solution systématique et doivent de se trouver dans un domaine conceptuel avec lequel les élèves sont familiers. Enfin, leur résolution est accessible par plusieurs stratégies. Nous avons fait le choix de proposer deux dispositifs de formation à destination des enseignants d'école primaire publique française, d'une durée de 6 heures en présentiel réparties en 3 sessions de 2 heures. Le premier, que nous nommerons « approche constructiviste », vise à la mise en œuvre et à l'analyse de séances de résolution de problèmes non applicatifs avec une approche constructiviste. Le second, que nous nommerons « approche intégrative », prévoit que soient associées dans une même séquence pédagogique une séance de résolution par groupe (recherche, mise en commun, validation) et une séance d'enseignement explicite autour de la résolution du même énoncé. Cette seconde séance comprend les phases de modelage, pratique guidée, pratique autonome et d'objectivation.

Pour les deux dispositifs, les sessions de formation ont pour objectif de travailler avec les enseignants sur le déroulement pédagogique des séances, sur les spécificités de chaque phase d'enseignement, sur les énoncés et la variabilité des stratégies de résolution. Les intervalles entre les sessions de travail sont prévus pour que soient mises en œuvre dans les classes les séances pédagogiques. Pour permettre l'analyse des séances, les enseignants étaient invités à compléter des grilles d'observation.

Il était demandé aux enseignants participant à la formation de compléter après chaque séquence en classe une grille d'observation (Annexes des dispositifs 1 et 2 par les liens suivants https://www.unige.ch/fapse/sensori-moteur/files/2115/8633/3315/Annexe_1_-_RivierGentaz2020-Rme-Questionnaire_dispositif_1.pdf, et https://www.unige.ch/fapse/sensori-moteur/files/1515/8633/3348/Annexe_2_-_RivierGentaz2020-Rme-Questionnaire_dispositif_2.pdf). Les analyses vont porter principalement sur ce que rapportent les enseignants à propos des phases spécifiques des séances pédagogiques, et les comportements des élèves.

DISPOSITIF DE FORMATION « APPROCHE CONSTRUCTIVISTE »

Participants

13 professeurs des écoles se sont inscrits volontairement dans cette formation de 6 heures. Tous sont des enseignants expérimentés. Ils enseignent en France au cycle 2 dans des classes en majorité rurale (hors Réseau d'Enseignement Prioritaire) à simple (4), double (5) et triple (1) niveaux (Niveau 3H à 5H dans le système éducatif romand).

Organisation générale de la formation

La Fig.1 présente une description des 5 sessions du dispositif de formation alternant des sessions présentielles (3) et des sessions en classe (2).

| Sessions | Description des contenus |
|---|---|
| Session 1 Présentiel de 2 heures | <ul style="list-style-type: none"> - Apports théoriques : caractéristiques des problèmes ouverts, - Place dans les programmes de 2015, - Choix et adaptation de 3 énoncés de problèmes communs à partir d'une sélection proposée, - Étude et adaptation de la fiche de préparation pédagogique, - Visionnage d'un extrait de séance (phase de présentation) capté dans la classe de la formatrice au cours d'une séance de résolution de problème, - Proposition de captation vidéo des séances et étude de la faisabilité matérielle, - Programmation des séances sur un rythme hebdomadaire commun, - Proposition d'une production commune finale sous la forme d'un outil pédagogique diffusable ou/et d'un article de synthèse. |
| Session 2 3 semaines de classe | <ul style="list-style-type: none"> - Une séance de résolution d'un problème ouvert par semaine sur les énoncés choisis et selon le déroulement fixé, - Captation vidéo des 3 séances par l'enseignant, - Conservation des productions des groupes (traces de recherches et résolution). |
| Session 3 Présentiel de 2 heures | <ul style="list-style-type: none"> - Retours sur expérience pour faire émerger les apports et les limites, - Analyse de séquences filmées en classe, - Propositions d'énoncés de problèmes ouverts pour les semaines suivantes. |
| Session 4 5 semaines de classe | <ul style="list-style-type: none"> - Une séance de résolution de problème ouvert par semaine sur 5 énoncés choisis par l'enseignant·e de la classe, - Visionnage et transcription de ses vidéos pour analyse. |
| Session 5 Présentiel de 2 heures | <ul style="list-style-type: none"> - Retours sur expérience des enseignants, - Étude et mutualisation des énoncés proposés dans les classes, - Questionnaire individuel de recueil des caractéristiques des séances conduites sur 2 énoncés : « Poules et Lapins » et « Souris et Chameaux », - Conclusions sur les apports et limites, perspectives d'évolution du dispositif de formation. |

Fig. 1 : Description des 5 sessions du premier dispositif de formation « constructiviste »

Énoncés choisis et déroulement des séances

Après discussion, les enseignant·e·s ont fait le choix de proposer des énoncés identiques, quel que soit leur niveau d'enseignement de manière à favoriser, lors des séances de travail suivantes, l'émergence d'observations et de conclusions communes. Parmi les 5 énoncés proposés, les 3 énoncés suivants ont fait consensus (Fig. 2).

Énoncé 1 : Les poignées de main

Quatre amis se rencontrent et se serrent la main. Combien de poignées de main se donnent-ils ?

Énoncé 2 : Poules et lapins

Un fermier a des poules et des lapins. En regardant tous ses animaux, il voit 8 têtes et 28 pattes. Combien le fermier a-t-il de lapins ?

Énoncé 3 : Souris et chameaux

Trois chameaux marchent dans le désert. Chacun des chameaux porte deux paniers. Dans chacun de ces paniers se trouve une souris. Ces souris ont chacune deux souriceaux. Combien d'animaux sont présents lors de cette promenade ?

Fig. 2 : Énoncés des problèmes non applicatifs du premier dispositif de formation « constructiviste »

Dans le souci de limiter les facteurs de variabilité d'une classe à l'autre, l'ordre de passation des énoncés a été fixé par le groupe. Les classes concernées étant de niveaux différents (de la Grande Section au CE2, 6-9 ans, du simple au triple niveau), il a été décidé d'adapter les variables numériques des énoncés.

La fiche de préparation pédagogique des séances, élaborée par la formatrice a été soumise à la discussion du groupe. Elle prévoyait les phases d'entrée dans l'activité, de recherche par groupes et de mise en commun et précisait explicitement les consignes et les durées, ainsi que le matériel nécessaire. Les interventions de l'enseignante ont été travaillées, décrites et discutées collectivement. Les interactions interindividuelles (avec des conflits cognitifs et de la coopération) durant la résolution de problème ayant des effets bénéfiques sur les apprentissages (Buchs, Filisetti, Butera & Quiamzade, 2004), les groupes d'élèves ont été constitués sur la base d'un critère d'hétérogénéité du niveau en mathématiques.

La formatrice Professeur des écoles-Maître Formateur (première auteure) a aussi conduit dans sa classe la séquence pédagogique sur le même rythme afin de tester sa mise en œuvre et d'avoir une expérience commune à partager avec les enseignants durant les sessions de formation. De plus, deux séances supplémentaires avec d'autres énoncés ont été proposées et autofilmées avant le début de la formation. Les objectifs de ces séances étaient en particulier de proposer à la session 1 des extraits vidéos montrant des phases spécifiques (comme la présentation de l'énoncé, l'organisation) conduites par la formatrice en classe afin d'aider les enseignants à visualiser la mise en œuvre et la gestion de la séance en classe.

DISPOSITIF DE FORMATION « APPROCHE INTÉGRATIVE »

Participants

Dans le cadre de leur plan annuel de formation continue, 18 professeurs des écoles se sont inscrits volontairement dans cette formation de 6 heures. Tous sont des enseignants expérimentés. Ils enseignent au cycle 2 (6 à 9 ans) dans des classes en majorité rurale (15 sur 18) à simple (9), double (6) ou multi-niveaux (3).

Organisation générale de la formation

La Fig. 3 présente une description des 5 sessions du dispositif de formation alternant des sessions présentielles (3) et des sessions en classe (2).

| Sessions | Description des contenus |
|--|--|
| Session 1 Présentiel de 2 heures | <ul style="list-style-type: none"> - Éléments théoriques sur l'enseignement explicite et les phases de modelage, pratique guidée et pratique autonome, - Présentation de l'expérimentation : organisation et déroulement de la séquence de 3 séances (séance de résolution par groupes, modelage et pratique guidée, pratique autonome), - Documents fournis : énoncé du problème « Les Feux » et ses isomorphes, fiche de préparation pédagogique. |
| Session 2 4 semaines de classe | <ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre d'une séquence de 2 (ou 3) séances pédagogiques sur l'énoncé « Les feux », - Questionnaire sur la séquence conduite. |
| Session 3 Présentiel de 2 heures | <ul style="list-style-type: none"> - Présentation de la suite de l'expérimentation avec 4 nouveaux énoncés de problèmes non applicatifs, - Documents fournis : 4 énoncés et leurs isomorphes, - Retours des enseignants sur la conduite de la séquence 1. |
| Session 4 5 semaines de classe | <ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre de 4 séquences sur les énoncés fournis, - Questionnaires sur chacune des séquences conduites. |
| Session 5 Présentiel de 2 heures | <ul style="list-style-type: none"> - Retours des enseignants sur les séquences conduites, - Apports théoriques sur l'influence des concepts extra-mathématiques sur les processus de résolution de problèmes à énoncés verbaux (analogies). |

Fig. 3 : Description des 5 sessions du second dispositif de formation « intégratif »

Plan de séquence

La Fig. 4 présente l'organisation en deux séances, prévue pour chacune des 5 séquences conduites en classe.

| Séquence 1 | |
|------------|--|
| Séance 1 | Approche constructiviste : <ul style="list-style-type: none"> - Résolution par groupes hétérogènes de l'énoncé initial, - Mise en commun, - Validation de la solution par la classe |
| Séance 2 | Enseignement explicite : <ul style="list-style-type: none"> - Phase de modelage portant sur une stratégie de résolution de l'énoncé initial, - Phase de pratique guidée sur cette même stratégie avec valeurs numériques proches, - Phase de pratique autonome à partir d'énoncés isomorphes choisis par chaque élève parmi ceux proposés (3 ou 4), - Phase d'institutionnalisation de la procédure avec élaboration collective d'une trace écrite commune qui sera conservée. |

Fig. 4 : Plan de la séquence pédagogique type

Les enseignants planifiaient les séances sur une même semaine de classe, adaptaient les durées de chacune en fonction des temps de recherche. Ils avaient également la possibilité de scinder la séance 2 et de programmer les phases de pratique autonome et d'institutionnalisation dans une séance 3.

Énoncés initiaux des séances 1 (phase constructiviste) et 2 (phase de modelage) (8-9 ans)

Cinq énoncés de type non applicatifs ont été sélectionnés et transmis aux enseignants. Choix a été fait de proposer des énoncés communs à tous les niveaux d'enseignement de manière à favoriser, lors des séances de travail, l'émergence d'observations et de conclusions communes. Les champs numériques ont été adaptés à l'âge des élèves. L'ensemble des élèves a travaillé à la résolution d'un problème initial lors des séances 1 et 2 de la séquence, dans un ordre commun à toutes les classes. Pour la phase de pratique guidée, les mêmes énoncés ont été repris avec des valeurs numériques proches. Pour les élèves de 8-9 ans (CE2), les énoncés étaient les suivants (Fig. 5a).

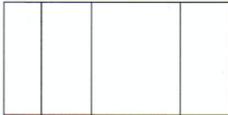
| Séance 1 – Phase constructiviste | Séance 2 – Pratique guidée |
|--|---|
| Séance 2 – Phase de modelage | |
| <p><u>Énoncé 1- Les feux</u>: Nous avons trois couleurs (rouge, jaune, vert). Nous voulons colorier chaque partie du feu avec une couleur différente. Combien de feux différents pouvons-nous fabriquer ?</p> <p><u>Énoncé 2 - Les nombres qui se suivent</u>: Je pense à trois nombres qui se suivent. Je les ajoute. Je trouve 42. Quels sont ces nombres ?</p> <p><u>Énoncé 3 - Les rectangles</u>: Combien y a-t-il de rectangles dans cette figure ?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><u>Énoncé 4 - Lunettes et étui</u>: Marie a acheté des lunettes et un étui. Elle a payé le tout 38€. Les lunettes coûtent 12€ de plus que l'étui. Quel est le prix de l'étui ?</p> <p><u>Énoncé 5 - Chèvres et canards</u>: Un fermier a des chèvres et des canards. En regardant tous ses animaux, il voit 10 têtes et 34 pattes. Combien a-t-il de chèvres ? Combien a-t-il de canards ?</p> | <p><u>Énoncé 1 - Les feux</u>: Nous avons trois couleurs (bleu, vert, orange). Nous voulons colorier chaque partie du feu avec une couleur différente. Combien de feux différents pouvons-nous fabriquer ?</p> <p><u>Énoncé 2 - Les nombres qui se suivent</u>: Je pense à trois nombres qui se suivent. Je les ajoute. Je trouve 48. Quels sont ces nombres ?</p> <p><u>Énoncé 3 - Les rectangles</u>: Combien y a-t-il de rectangles dans cette figure ?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><u>Énoncé 4 – Gants et bonnet</u>: Hugo a acheté des gants et un bonnet. Il a payé en tout 27€. Les gants coûtent 3€ de plus que le bonnet. Quel est le prix du bonnet ?</p> <p><u>Énoncé 5 - Chèvres et canards</u>: Un fermier a des chèvres et des canards. En regardant tous ses animaux, il voit 9 têtes et 26 pattes. Combien a-t-il de chèvres ? Combien a-t-il de canards ?</p> |

Fig. 5a : Énoncés proposés aux élèves de 8-9 ans (CE2)

Énoncés isomorphes de l'énoncé 5 pour la phase de pratique autonome (8-9 ans)

Lors de la séance 3 les élèves avaient à résoudre un énoncé (ou plus) de même structure que l'énoncé initial, c'est-à-dire pour lequel la solution était accessible avec la stratégie de résolution qui avait été travaillée lors des phases de modelage et de pratique guidée. Par exemple, suite à l'énoncé 5, les élèves de 8-9 ans (CE2) pouvaient choisir de résoudre les trois énoncés suivants (Fig. 5b).

| Séquence 5 - Séance 2 – Pratique autonome |
|--|
| <p><u>Énoncé isomorphe 1 - Chèvres et canards</u>: Un fermier a des chèvres et des canards. En regardant tous ses animaux, il voit 8 têtes et 20 pattes. Combien a-t-il de chèvres ? Combien a-t-il de canards ?</p> <p><u>Énoncé isomorphe 2 : Chameaux et dromadaires</u></p> <p>Dans le désert, le gardien du troupeau a des chameaux et des dromadaires. En regardant tous ses animaux, il voit 12 têtes et 19 bosses. Combien a-t-il de chameaux ? Combien a-t-il de dromadaires ?</p> <p><u>Énoncé isomorphe 3 : Motos et voitures</u></p> <p>Dans ce garage, il y a des motos et des voitures. Le gardien compte 15 véhicules et 42 roues. Combien y a-t-il de motos ? Combien y a-t-il de voitures ?</p> |

Fig. 5b : Énoncés isomorphes de la séquence 5 proposés aux élèves de 8-9 ans (CE2)

ANALYSES GÉNÉRALES

Les analyses générales se fondent sur des observations issues de toutes les séances du dispositif d'approche constructiviste et la première séance des cinq séquences du second dispositif intégratif. Ces analyses vont porter sur la séance de présentation, les modalités de mises en commun et les comportements des élèves.

Séance de présentation

Les enseignants déclarent une réticence à mettre œuvre des séances de résolution de problèmes avec des phases de recherche par groupes et des phases de mises en commun. Ils disent craindre le bruit généré, l'incertitude quant à l'issue de la recherche, la nécessité d'adapter « à chaud » le déroulement prévu. Ils formulent également clairement être convaincus du bénéfique pour les apprentissages de programmer de telles séances tout en relevant la difficulté d'identifier les compétences travaillées et de mesurer les progrès. Ces constats nous ont amenés à proposer la conduite d'une séance préalable unique au début du programme dans les classes dans le but de clarifier le contrat avec les élèves. Il s'agissait pour l'enseignant de rendre explicites les objectifs et les règles de fonctionnement. Le déroulement a été annoncé aux élèves, les diverses phases présentées, ainsi que des données organisationnelles comme la composition des groupes, le matériel disponible et la gestion de l'espace classe. Le second dispositif est allé au-delà en prévoyant la rédaction d'une trace collective qui vise à clarifier, pour les élèves, ce que le terme « Chercher » signifie et quelle méthodologie peut être mise en œuvre dans une procédure de résolution. Pour les deux dispositifs, les enseignants ont observé que cette phase de présentation et d'explicitation des objectifs était nécessaire et favorisait l'entrée dans la recherche lors des séances suivantes dans la séquence.

Deux modalités de mises en commun

Dans les deux dispositifs, lors des séances d'approche constructiviste, les mises en commun étaient organisées après les phases de recherche par groupe. Elles étaient de deux types : celles que nous avons nommées « intermédiaires », et les autres, « finales » précédant la conclusion de séance. Les enseignants prennent la décision d'organiser une mise en commun intermédiaire à partir d'indicateurs du niveau d'activité de recherche des groupes. L'objectif est de permettre aux élèves de communiquer à la classe l'état de leurs recherches alors même que la résolution n'est pas aboutie. Cette présentation est censée permettre une remobilisation des groupes en donnant la possibilité de se saisir d'une stratégie nouvelle leur paraissant pertinente ou en les incitant à reprendre leurs procédures d'essais-erreurs. Il s'agit d'une phase facultative, qui se justifie lorsque trop de groupes se détournent de la tâche ou sont dans des impasses de résolution. Les observations montrent que la séance sur le problème « Poules et Lapins » (et « Chèvres et Canards ») a conduit les enseignants de toutes les classes concernées à organiser une ou plusieurs mises en commun intermédiaires. L'autre situation dans laquelle est fait recours à une telle phase c'est lors d'une mise en commun faisant apparaître plusieurs solutions différentes. Les argumentations des élèves portent alors sur la validation ou l'invalidation des résultats. Quand la classe ne parvient pas à s'accorder sur une des réponses, un nouveau temps de recherche a été proposé aux élèves. Ces phases spécifiques sont systématiquement été identifiées par les enseignants comme complexes à conduire en raison de la posture nécessairement en retrait de l'enseignant concernant la validation des solutions qui doit s'articuler avec son rôle d'animateur des débats et de gestionnaire du groupe. Dans les classes peu familiarisées avec ce type de séance, les enseignants ont témoigné de la difficulté à rester strictement observateurs de cette phase. Les mises en commun finales avaient pour objet la validation par le groupe de la résolution du problème et des différentes stratégies pour l'atteindre.

Comportements des élèves

Ce que les enseignants observent, en premier lieu et en très grande majorité, est la motivation des élèves lorsque ces séances leur sont proposées. Ils expriment leur enthousiasme, s'approprient rapidement les règles d'organisation du travail et mobilisent leur attention sur des temps de recherche qui peuvent être longs. 70% des enseignants estiment que l'implication cognitive de leurs élèves était globalement supérieure comparée à d'autres types de séances de mathématiques.

La crainte initiale principale des enseignants était que les élèves fragiles en mathématiques refusent de s'engager dans la recherche, ne participent pas aux travaux des groupes, qu'ils perdent du temps d'apprentissage. Leur autre inquiétude concernait les difficultés des élèves de 6-9 ans (notamment les plus jeunes) à travailler en groupes, à communiquer, à entrer dans la procédure des autres. Les observations montrent que ces comportements ont bien existé, mais n'ont pas pénalisé significativement le déroulement des séances. Certes, des élèves adoptent des stratégies d'évitement (n'écrivent pas, ne participent pas aux débats, semblent ne pas chercher), mais pas plus que lors des autres temps de classe. Par contre, ce qui ressort des feedbacks est que les enseignants, placés en position d'observer les élèves au travail, sont 86% à estimer que ces séances ont modifié la représentation individuelle qu'ils avaient d'eux, découvrant des niveaux de compétence qu'ils ignoraient. Certains élèves identifiés comme faibles en maths ont élaboré des stratégies de résolution originales, pertinentes et ont été capables d'argumenter. Dans tous les cas, le niveau d'activité mathématique des classes a été jugé très satisfaisant par les enseignants : dans les groupes, les élèves échangent, proposent, cherchent, dans le champ mathématique.

ANALYSE DES PHASES D'ENSEIGNEMENT EXPLICITE

Les analyses de cette section concernent les quatre phases d'enseignement explicite de chacune des séances 2 des cinq séquences du second dispositif.

Phase de modelage

Cette phase consiste à résoudre devant les élèves le même problème que celui résolu en groupes en séance 1 tout en énonçant le raisonnement suivi à voix haute. Le modelage porte sur les ressources, les procédures et les stratégies utilisées pour acquérir une compétence et pour atteindre la solution du problème. L'enseignant séquence la résolution en étapes dont chacune est explicitée. Lors de la session de formation en présentiel, les enseignants ont établi un inventaire des stratégies de résolution pour les énoncés retenus. Parmi elles a été identifiée celle ayant le meilleur potentiel de transférabilité pour qu'elle soit présentée lors de la phase de modelage. Quatre enseignants du groupe ont signalé mettre en pratique de manière habituelle de telles phases dans leur pédagogie. Pour l'ensemble des autres, l'appropriation de cette pratique s'est faite sans obstacle.

Phase de pratique guidée

Cette phase fait directement suite à la phase de modelage. Les élèves résolvent individuellement le même énoncé dont les valeurs numériques sont proches de celles du problème initial. Le guidage se fait par des retours immédiats et réguliers, par un questionnement visant à vérifier la compréhension de chacun, orienter, corriger et étayer pour soulager la mémoire de travail et rendre le but atteignable. Il est question pour l'enseignant lors de cette phase de s'assurer d'un fort taux de réussite des élèves. Les enseignants ont relevé de nombreux points positifs à la conduite de ces phases de pratique guidée. En premier lieu, le taux très élevé de résolution, y compris chez les élèves fragiles qui, grâce au guidage, ont persévéré jusqu'à trouver la solution au problème. C'est la réussite des élèves qui est l'observation majoritaire des enseignants. Mais ils observent également une grande implication dans la recherche qu'ils ont liée au fait que les élèves ont eu le temps de s'approprier démarche et méthode, de mémoriser la stratégie. Ils ont considéré également que cette phase permet aux élèves de gagner en confiance, d'être rassurés. Une enseignante a fait toutefois remarquer que pour les élèves ayant résolu le problème, la phase de pratique guidée peut être fastidieuse et inutile.

Phase de pratique autonome

Cette phase permet un entraînement supplémentaire visant à consolider la stratégie de résolution. La stratégie de résolution sur laquelle se sont centrées les phases de modelage et de guidage est transférable pour résoudre chacun des énoncés isomorphes. Dans le déroulement pédagogique initialement prévu, les élèves choisissaient un énoncé isomorphe parmi ceux proposés. Les enseignants ont témoigné pour cette phase d'une grande motivation des élèves qui ont majoritairement demandé à avoir accès à l'ensemble des

énoncés disponibles. Ils ont observé un transfert fréquent, mais cependant non systématique de la stratégie travaillée lors des phases précédentes.

Phase d'objectivation

Cette phase avait pour objet l'élaboration d'une trace écrite commune et collective, sous la forme d'une affiche, portant sur la stratégie de résolution utilisée lors des phases d'enseignement explicite. Cinq affiches étaient ainsi réalisées et conservées de manière à être réactivées lors de séances ultérieures de résolution de problèmes. Sur le temps de la formation, il n'a pas été possible d'évaluer cet outil conçu pour faire du lien entre les problèmes et approcher une catégorisation des énoncés rencontrés au cours de l'année scolaire complète.

CONCLUSIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES

Nous avons vu que les enseignants sont convaincus de l'intérêt pour les apprentissages de donner aux élèves l'occasion de chercher en interaction et de laisser à la classe la responsabilité de la validation de la solution. Si les enseignants font le constat que, dans ces séances, les élèves ont une réelle activité mathématique, ils disent avoir des difficultés à mesurer leurs progrès, notamment en termes de savoirs mathématiques. Les énoncés sont de nature très variable et toutes les stratégies sont admises pourvu qu'elles soient argumentées et validées. Les enseignants se demandent si les élèves ne développent que leur capacité à chercher (conjecturer-tester-prouver) et s'ils la développent suffisamment en cherchant seuls ou dans les groupes. De plus, les enseignants identifient, lors des phases de recherche par groupes hétérogènes et lors des mises en commun, des « moments critiques » mettant en évidence des erreurs de raisonnement ou des confusions notionnelles chez les élèves en activité de recherche ou de communication de procédures. Ils pointent ainsi les occasions manquées de pouvoir intervenir de manière pertinente et adaptée.

En concevant les deux dispositifs de formation, notre objectif était de se donner l'occasion de mesurer l'apport que constituerait l'intégration de séances d'enseignement explicite avec des séances de type constructiviste, faisant l'hypothèse que l'articulation des deux approches permettrait de répondre – au moins en partie – aux préoccupations des enseignants qui conçoivent et conduisent les séances de résolution de problèmes.

Globalement, les analyses des enseignants montrent des effets bénéfiques sur les comportements des élèves comme leur enrôlement, leur recherche active de solutions, et la qualité de leur communication orale. Des effets positifs sont aussi observés chez les enseignants comme une connaissance plus précise des capacités mathématiques de leurs élèves et une nouvelle manière d'enseigner la résolution de problèmes, motivante qui plus est.

Cependant, les analyses révèlent aussi des limites quant aux caractéristiques et aux spécificités même des problèmes non applicatifs. La catégorisation des problèmes, donc le choix des énoncés à destination des élèves, se heurte au fait qu'il est difficile de déterminer les types de raisonnements à mobiliser pour chaque résolution, mais aussi au fait que les outils mathématiques disponibles évoluent avec les apprentissages des élèves.

Enfin, au niveau de l'organisation de la formation, deux intérêts significatifs sont relevés : le premier est de prévoir un intervalle bref entre les sessions de travail et le second est de prévoir une alternance rapprochée entre les sessions en présentiel et les sessions en classe.

BIBLIOGRAPHIE

- Arsac, G., Germain, G. & Mante, M. (1988). *Problème ouvert et situation problème*. Lyon: IREM, publication n°64.
- Baker, S., Gersten, R. & Lee, D. (2002). A synthesis of empirical research on teaching mathematics to low-achieving students. *The Elementary School Journal*, 103, 51-73.

- Buchs, C., Filisetti, L., Butera, F. & Quiamzade, A. (2004). Comment l'enseignant peut-il organiser le travail de groupe ? Dans E. Gentaz & P. Dessus (dir.), *Comprendre les apprentissages. Sciences cognitives et éducation* (p. 169-183). Paris : Dunod.
- Castonguay, M., Bissonnette, S., Gauthier, C. & Richard, M. (2013). *Enseignement explicite et réussite des élèves - La gestion des apprentissages*. Bruxelles: De Boeck.
- Charnay, R. (1992). Problème ouvert, problème pour chercher. *Grand N*, 51, 77-83.
- Gandit, M. (2015). L'évaluation au cours des séances d'investigation en mathématiques. *Recherches en Education*, 25, 67-80.
- Hattie, J. (2017). *L'apprentissage visible pour les enseignants*. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Hersant, M. (2012). Recherche et résolution de problèmes dans l'enseignement des mathématiques : une étude didactique pour identifier les savoirs et les apprentissages possibles. Dans M.-L. Elalouf & A. Robert (dir.), *Les didactiques en questions : état des lieux et perspectives pour la recherche et la formation*. Bruxelles : De Boeck.
- Kirschner, P., Sweller, J. & Clark, R. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. doi: 10.1207/s15326985ep4102_1
- Piaget, J. (1969). *Psychologie et Pédagogie*. Paris: Denoël-Gonthier.
- Rosenshine, B. (2012). Principles of Instruction: Research-Based Strategies That All Teachers Should Know. *American Educator*, 36(1), 12-19.
- Taber, K.. (2010) Constructivism and Direct Instruction as Competing Instructional Paradigms: An Essay Review of Tobias and Duffy's *Constructivist Instruction: Success or Failure?* *Education Review*, 13(8), 1-45.
- Tobias, S. & Duffy, T. (2009). *Constructivist instruction: Success or failure?* : New York: Routledge.