

SCHÉMA DYNAMIQUE SUR L'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES PAR LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES AU PRIMAIRE : LE QUOI, LE POURQUOI ET LE COMMENT

Marie-Pier GOULET

Professeure, UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES
Laboratoire sur la recherche-développement au service de la diversité (Lab-RD²)
marie-pier.goulet@uqtr.ca

Marie-Pier FOREST

Doctorante, UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
marie-pier.forest@uqar.ca

Résumé

Alors que l'engagement des élèves dans leur processus d'apprentissage est une préoccupation importante pour soutenir leur bien-être et leur réussite éducative (Archambault et Olivier, 2018), il y a lieu de s'intéresser aux différentes approches d'enseignement-apprentissage permettant un tel engagement. En mathématiques, l'enseignement *par* la résolution de problèmes (RP) fait partie de ces approches (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000), mais semble peu utilisé dans les classes du primaire (Fagnant et Vlassis, 2010 ; Forest et Voyer, 2022 ; Goulet-Lyle, 2018 ; Sarrazy, 2008 ; Small, 2013). Dans le cadre d'un projet proposant une démarche de recherche-développement (Bergeron et Rousseau, 2021), un schéma dynamique est en cours d'élaboration. Ce schéma visera à comprendre le quoi, le pourquoi et le comment d'une approche d'enseignement-apprentissage *par* la RP. L'objectif du schéma est ainsi de soutenir et d'accompagner les enseignants canadiens francophones du primaire vers l'implantation d'une telle approche dans leur classe. D'une part, ce texte présente les différentes phases du processus de recherche-développement ayant permis au schéma d'évoluer en fonction des besoins du milieu de pratique. D'autre part, il permet de discuter de l'opérationnalisation en classe d'une approche d'enseignement-apprentissage *par* la RP.

I - INTRODUCTION

La recherche-développement (RD) est une méthodologie se caractérisant par une double finalité de développement et de recherche (Bergeron, Rousseau et Bergeron, 2021). L'objectif de développement renvoie à la création d'un produit en réponse aux besoins du milieu de pratique alors que celui de recherche est associé à la production de connaissances scientifiques. Dans ce texte, nous présentons l'état d'avancement d'un projet de RD en cours en nous concentrant sur l'objectif de développement qui est d'élaborer un outil de référence pour soutenir et pour accompagner les enseignants canadiens francophones du primaire dans la mise en œuvre d'une approche d'enseignement-apprentissage des mathématiques *par* la RP. Pour ce faire, les différentes phases de la démarche de RD, vécues ou à venir, seront discutées. À l'heure actuelle, l'outil se présente sous la forme d'un schéma dont le contenu se veut dynamique et orienté vers l'explication du quoi, du pourquoi et du comment d'une approche d'enseignement-apprentissage des mathématiques *par* la RP. Autrement dit, le schéma cherche à clarifier ce qu'est l'approche (qu'est-ce que l'enseignement-apprentissage *par* la RP), pourquoi l'utiliser (quels sont les bienfaits pour les élèves reconnus par les études scientifiques) et comment piloter une activité qui s'inscrit dans cette approche (quelles sont les différentes phases ou étapes d'un enseignement-

apprentissage *par* la RP). Notre objectif de recherche, qui est de mieux comprendre les défis perçus par les enseignants du primaire en lien avec le pilotage d'une séance d'enseignement-apprentissage des mathématiques *par* la RP, sera brièvement abordé en fin de texte.

Afin de bien situer ce projet de recherche dans son contexte, deux éléments clés doivent être présentés : le réseau de recherche RÉVERBÈRE ainsi que la démarche de RD proposée par les chercheurs-développeurs de ce réseau.

II - LE RÉVERBÈRE ET LA DEMARCHE DE RD

1 Qu'est-ce que le RÉVERBÈRE ?

Le RÉVERBÈRE est un réseau de recherche et de valorisation de la recherche sur le bien-être et la réussite en contexte de diversité. Il s'agit d'un réseau de recherche pancanadien francophone, c'est-à-dire qui concerne plusieurs provinces canadiennes. Son principal mandat est de favoriser l'utilisation des connaissances issues de la recherche au service du bien-être et de la réussite en contexte de diversité (Borri-Anadon, Desmarais, Rousseau, Giguère et Kenny, 2021). Les chercheurs-développeurs impliqués dans ce réseau de recherche tentent donc de développer des produits vulgarisés, synthétisés et adaptés au contexte des utilisateurs, et ce, par le biais de projets de RD. Les termes « utilisateur » ou « utilisateur cible » sont employés pour identifier les personnes à qui s'adressent spécifiquement les produits développés. Selon le produit, ces utilisateurs peuvent être des enseignants de tous niveaux, des gestionnaires en éducation, d'autres acteurs scolaires ou communautaires, des parents d'élèves, voire même les élèves eux-mêmes. Une particularité intéressante du RÉVERBÈRE est l'accessibilité (et la gratuité) des produits : tout ce qui y est développé est ensuite diffusé gratuitement en libre accès sur la plateforme du RÉVERBÈRE¹.

Une deuxième particularité de ce réseau de recherche est la collaboration étroite établie entre les chercheurs-développeurs et les partenaires du RÉVERBÈRE tout au long du processus de RD. Les partenaires, qui se distinguent des utilisateurs cibles, sont des acteurs des milieux éducatifs scolaires et extrascolaires ayant des expériences et des expertises variées en éducation. Le RÉVERBÈRE regroupe des partenaires universitaires (14 universités canadiennes francophones) et des partenaires scolaires et communautaires (par exemple, des centres de services scolaires ou des regroupements d'organismes communautaires). Une entente de partenariat est signée par les partenaires qui s'engagent à collaborer en vue de l'atteinte de la principale finalité du RÉVERBÈRE qui est « le développement et la mise en place de stratégies de mobilisation de connaissances favorisant l'utilisation des connaissances issues de la recherche (CIR) pour le bien-être et la réussite en contexte de diversité » (RÉVERBÈRE, 2021, p. 5). Cette collaboration peut s'opérationnaliser de différentes façons, que ce soit par un dialogue soutenu entre chercheurs-développeurs et partenaires au regard des besoins prioritaires de leur milieu ou par la participation du partenaire (et les acteurs qu'il représente) lors du processus de coconstruction d'un produit (RÉVERBÈRE, 2021) :

Le RÉVERBÈRE se démarque par une volonté forte des chercheurs, des chercheuses et des partenaires d'unir leurs expertises distinctes, mais complémentaires pour faire de la mobilisation des connaissances un terrain propice à la coopération et à la coconstruction en réponse à la diversité des élèves et de leurs besoins. (RÉVERBÈRE, 2021, p. 5)

Cette brève présentation du RÉVERBÈRE permet de comprendre que les produits qui y sont développés s'appuient sur une démarche de RD. La question qui se pose alors est la suivante : quelle est la démarche de RD privilégiée au RÉVERBÈRE ? Autrement dit, comment sont développés les produits au sein de ce réseau de recherche ?

¹ www.reverbereeducation.com

2 Quelle est la démarche de RD privilégiée au RÉVERBÈRE ?

Au RÉVERBÈRE, la démarche de RD privilégiée permet aux produits en développement d'évoluer selon des phases itératives qui sont présentées dans la figure 1 ci-dessous.

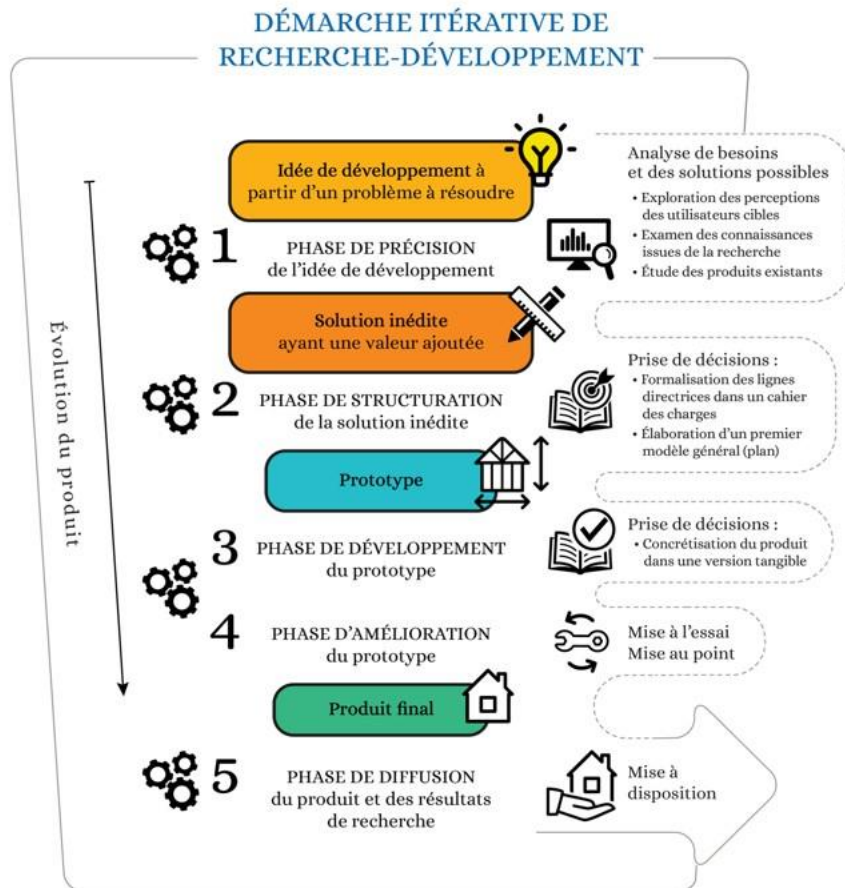


Figure 1. Démarche itérative de RD au RÉVERBÈRE (Bergeron et al., 2020)

Les quatre grands encadrés de couleur représentent l'évolution des produits, passant de l'idée de développement à un produit final et tangible. Pour opérationnaliser cette évolution, on retrouve cinq phases, soit : (1) la phase de précision des idées de développement, (2) la phase de structuration des solutions inédites, (3) la phase de développement des prototypes, (4) la phase d'amélioration des prototypes et (5) la phase de diffusion des produits et des résultats de recherche. À droite du schéma se trouvent des mots-clés visant à clarifier les actions du chercheur-développeur à l'intérieur de chacune de ces phases. Par exemple, à la phase 4, qui est la phase d'amélioration, il est possible de constater que deux principales actions sont attendues, à savoir une mise à l'essai et une mise au point auprès de partenaires volontaires. Par ailleurs, les pointillés utilisés à droite des phases illustrent le caractère itératif de la démarche de RD. Ainsi, le mouvement d'une phase à l'autre peut ou non être accompagné d'allers-retours. Finalement, un dernier élément important à souligner est le caractère participatif de la recherche. Tel que mentionné précédemment, la vision de la RD au RÉVERBÈRE est collaborative. Cette vision se traduit par des produits développés « avec » les acteurs du milieu de pratique plutôt qu'en parallèle, en plaçant les préoccupations de tous au centre de la démarche (Bergeron, Rousseau et Bergeron, 2021). Il y a donc un réel souci de solliciter le plus souvent possible les personnes visées par le produit, à savoir les

utilisateurs cibles, afin de partager leur avis. Ainsi, une forte collaboration auprès des partenaires du RÉVERBÈRE est attendue².

À la lumière de la figure 1, il est possible de comprendre que le schéma sur lequel nous travaillons actuellement est développé en fonction des cinq phases d'une RD. À ce jour, trois des cinq phases de la démarche ont été vécues et seront présentées plus en détail dans les prochaines sections : la phase de précision, la phase de structuration et la phase de développement.

III - LE DÉVELOPPEMENT DU SCHÉMA SELON LES PHASES DE LA RD

1 La phase de précision de l'idée de développement

Pour ce qui est de la phase de précision de l'idée de développement, différentes actions ont été posées. D'abord, nous avons fait une analyse descriptive des besoins des utilisateurs cibles, dans notre cas, des enseignants du primaire, selon le point de vue des partenaires du RÉVERBÈRE. Rappelons que ces partenaires travaillent tous dans le milieu de l'éducation au sein de différentes provinces canadiennes. En 2021 (moment où nous avons débuté le projet), onze d'entre eux ont été consultés par le biais d'un questionnaire en ligne ayant permis de faire émerger leurs besoins prioritaires. Un de leurs besoins prioritaires était d'engager les élèves dans leur processus d'apprentissage. Plus précisément, différents questionnements ont été soulevés en lien avec ce besoin, dont les suivants :

- Comment maximiser l'engagement des élèves en classe ?
- Comment donner une voix aux élèves dans leur processus d'apprentissage ?

Notre équipe de chercheurs-développeurs étant composée de didacticiens et didacticiennes des mathématiques, nous avons étudié ces questions sous l'angle de la résolution de problèmes mathématiques. Ce choix a été fait considérant que la résolution de problèmes est reconnue pour être au cœur de l'activité mathématique (Lajoie et Bednarz, 2016 ; Theis et Gagnon, 2013) et pour permettre l'engagement des élèves dans leur processus d'apprentissage (NCTM, 2000). Nous nous intéressons ici à la résolution de problèmes au sens large, sans considération particulière au contenu mathématique, étant donné que selon plusieurs chercheurs, « faire des mathématiques, c'est résoudre des problèmes » (Fagnant et Vlassis, 2010, p. 50). Nous avons ainsi réalisé une recension des écrits sur l'activité de résolution de problèmes en s'intéressant plus particulièrement aux différents rôles donnés à cette activité. Dans les écrits scientifiques et ministériels francophones et anglophones consultés, différentes terminologies sont proposées pour décrire ces rôles (Barabé, 2022 ; Charnay, 1992 ; Dionne et Voyer, 2009 ; Fagnant et Vlassis, 2010 ; Houdement, 2017 ; Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur [MEES], 2019 ; Proulx, 2019 ; Schroeder et Lester, 1989 ; Vlassis, Mancuso et Poncelet, 2014). Le tableau 1 ci-dessous, sans être exhaustif, permet de prendre connaissance d'exemples de termes employés par les auteurs pour décrire les rôles accordés à l'activité de résolution de problèmes en mathématiques.

Auteurs/année	Pays	Terminologie employée	Description
Barabé (2022) et Proulx (2019)	Canada (Québec)	Approches	1. L'enseignement via ou par la résolution de problèmes. 2. L'enseignement pour la résolution de problèmes. 3. L'enseignement de la résolution de problèmes. 4. L'approche investigative.
Dionne et Voyer (2009)	Canada (Québec)	Rôles	1. Approche pédagogique.

² Pour en savoir plus sur la démarche de RD présentée, nous vous invitons à consulter l'ouvrage de Bergeron et Rousseau (2021).

			2. Objet d'étude.
MEES (2019)	Canada (Québec)	Intentions	1. Apprendre la mathématique PAR la résolution de problèmes. 2. Apprendre la mathématique POUR résoudre des problèmes. 3. Résoudre des problèmes pour apprendre à résoudre des problèmes.
Vlassis, Mancuso et Poncelet (2014)	Luxembourg	Objectifs, fonctions	1. L'apprentissage de nouveaux contenus mathématiques. 2. L'application dans les problèmes des nouveaux savoirs. 3. L'apprentissage des stratégies d'une résolution experte de problèmes.
Fagnant et Vlassis (2010)	Luxembourg	Finalités, approches, fonctions	1. Développer l'apprentissage des mathématiques par la résolution de problèmes. 2. Développer l'apprentissage de démarches et de processus de résolution de problèmes.
Schroeder et Lester (1989)	États-Unis (Indiana)	Approches	1. Teaching via problem solving. 2. Teaching for problem solving. 3. Teaching about problem solving.
Charnay (1992)	France	Objectifs	1. Les problèmes destinés à engager les élèves dans la construction de nouvelles connaissances (souvent appelés situations-problèmes). 2. Les problèmes destinés à permettre aux élèves l'utilisation des connaissances déjà étudiées (souvent appelés les problèmes de réinvestissement). 3. Les problèmes destinés à permettre aux élèves l'extension du champ d'utilisation d'une notion déjà étudiée (parfois appelés problèmes de transfert). 4. Les problèmes plus complexes dans lesquels les élèves doivent utiliser conjointement plusieurs catégories de connaissances (parfois appelés problèmes d'intégration ou de synthèse). 5. Les problèmes dont l'objectif est de permettre au maître et aux élèves de faire le point sur la manière dont les connaissances sont maîtrisées (problèmes d'évaluation). 6. Les problèmes destinés à mettre l'élève en situation de recherche et donc de développer des compétences plus méthodologiques (problème ouvert).
Houdement (2017)	France	Objectifs	1. Les problèmes atypiques dont la résolution demande la construction d'une stratégie, à défaut d'une ressemblance que percevrait le sujet avec un problème déjà résolu. 2. Les problèmes basiques dont il est attendu une résolution « automatisée ». 3. Les problèmes complexes, agrégats de problèmes basiques où la construction et la connexion des informations, nécessaires pour la résolution, est à la charge de l'élève.

Tableau 1. Différentes terminologies associées aux rôles de la résolution de problèmes mathématiques

Devant la diversité des termes employés, nous avons retenu le triple rôle de cette activité proposé par les auteurs anglophones Schroeder et Lester (1989) qui parlent de (1) teaching *via* problem solving, (2) teaching *for* problem solving et (3) teaching *about* problem solving, que nous avons respectivement traduit comme étant l'enseignement *par*, *pour* et *de* la RP. Ce choix est notamment justifié par le fait que ces trois rôles sont parfaitement alignés avec ce qui est proposé dans le Référentiel d'intervention en mathématique (RIM), un document ministériel québécois visant à offrir des balises aux acteurs éducatifs afin de mieux répondre aux besoins des élèves en mathématiques (MEES, 2019).

Cette recension des écrits a permis de mettre en évidence que l'activité de résolution de problèmes peut être utilisée comme une approche pédagogique (Dionne et Voyer, 2009), c'est-à-dire une façon de faire des mathématiques.

Selon Pallascio (2005), cette approche est liée à une conception instrumentale des mathématiques : les mathématiques sont perçues comme des instruments créés par les êtres humains pour résoudre des problèmes qui se posent à eux. [...] C'est par l'activité de recherche impliquée dans la résolution de problèmes que l'enfant apprend les mathématiques et qu'il construit des notions relevant des domaines de contenus spécifiques (Fagnant et Vlassis, 2010, p. 50-51).

C'est ce que nous entendons par une approche d'enseignement *par* la RP. Autrement dit, une approche d'enseignement *par* la RP vise l'apprentissage d'un nouveau savoir mathématique, que celui-ci soit complètement nouveau (par exemple, introduction des fractions pour la première fois) ou partiellement nouveau (par exemple, introduction à l'addition de fractions n'ayant pas le même dénominateur alors que l'addition de fractions ayant le même dénominateur a déjà été travaillée). Lors d'une séance d'enseignement-apprentissage *par* la RP, les élèves s'engagent dans la résolution d'un problème sans qu'il y ait eu de leçon préalable en lien avec le savoir mathématique en jeu ; celui-ci sera plutôt découvert (parfois en totalité, parfois en partie) par les élèves lors de leurs tentatives de résolution et de leurs échanges avec leurs pairs et leur enseignant. C'est seulement à la fin de la séance, après que les élèves aient exploré le problème mathématique, puis partagé et comparé leurs solutions, qu'est proposée la leçon. Celle-ci se traduit par une mise en évidence des éléments mathématiques clés ayant servi à la résolution du problème et par une explicitation des apprentissages émergents par l'enseignant. De cette manière, l'apprentissage d'un nouveau savoir part du concret, soit un problème mathématique, vers l'abstrait, soit la formalisation des apprentissages.

Depuis plusieurs années, les recherches recommandent de mettre à profit une approche d'enseignement-apprentissage *par* la RP en mathématiques (Kapur, 2014 ; Theis et Gagnon, 2013). Cette recommandation se retrouve aussi dans plusieurs programmes de formation canadiens (MEDPENB, 2016 ; MEES, 2019 ; MEO, 2006). Pourquoi ? Différentes raisons peuvent être avancées, notamment le fait que cette approche soit reconnue pour permettre aux élèves un réel engagement dans la tâche (NCTM, 2000), et ce, même chez les élèves ayant plus de difficultés en mathématiques (Voyer, Lavoie, Goulet et Forest, 2018).

Malgré de telles recommandations, cette approche d'enseignement-apprentissage des mathématiques *par* la RP semble peu présente dans les classes du primaire (Fagnant et Vlassis, 2010 ; Forest et Voyer, 2022 ; Goulet-Lyle, 2018 ; Sarrazy, 2008 ; Small, 2013). Une hypothèse visant à expliquer la rareté de la mise en œuvre d'une telle approche dans les classes est celle de la méconnaissance des différents rôles associés à la résolution de problèmes (Goulet-Lyle, 2018). En effet, les enseignants du primaire ne semblent pas toujours conscients que cette activité joue un triple rôle, dont celui d'approche pédagogique. Un autre constat tiré de la recension des écrits, qui est étroitement lié au précédent, est le fait qu'il semble y avoir peu de recommandations pour les enseignants du primaire afin de les aider à mieux comprendre et à intégrer dans leur pratique d'enseignement des mathématiques une approche *par* la RP (Lajoie et Bednarz, 2014).

2 La phase de structuration de la solution inédite

L'analyse des besoins du milieu de pratique (toujours selon le point de vue des partenaires du RÉVERBÈRE) et l'état des connaissances scientifiques sur le sujet nous ont menés vers la deuxième phase du processus de RD : la phase de structuration de la solution inédite. C'est à ce moment que nous avons décidé de créer un schéma dynamique, une ressource pour soutenir et pour accompagner les enseignants du primaire dans l'activité de résolution de problèmes. Le mot *dynamique* est utilisé pour décrire le caractère non statique du schéma. L'idée est d'avoir un schéma qui se présente sous la forme d'une image, mais dans laquelle plusieurs éléments sont cliquables afin d'accéder à des informations supplémentaires, que ce soit sous la forme écrite, audio ou vidéo, ce qui permet par le fait même une meilleure accessibilité. Rappelons que le schéma sera diffusé gratuitement en libre accès sur la plateforme du RÉVERBÈRE.

La première étape a été de concevoir un plan de développement général qui s'est traduit par l'élaboration du schéma en question, mais dans une « version maison ». Il s'agissait en quelque sorte d'un brouillon nous permettant de concrétiser nos idées et notre vision du schéma. Cela nous a permis de déterminer les caractéristiques souhaitées du schéma et ses modalités d'utilisation. Dans ce premier plan, nous avons décidé de présenter succinctement les trois rôles de l'activité de RP (l'enseignement *de*, *pour* et *par* la RP), puis de porter un regard particulier sur l'un des rôles, à savoir l'enseignement *par* la RP. Le schéma était organisé en deux grandes parties : une brève définition des trois rôles au haut du schéma et un exemple concret de l'opérationnalisation d'une approche d'enseignement-apprentissage *par* la RP au bas du schéma. Cette première version du schéma est présentée en annexe 1 à titre indicatif.

La seconde étape a été la consultation auprès de différents acteurs de l'éducation, incluant des utilisateurs cibles, c'est-à-dire des enseignants du primaire à qui s'adresse le produit en développement, et des partenaires du RÉVERBÈRE. L'objectif de cette consultation était de recueillir l'avis général de personnes ayant des expertises variées et complémentaires afin d'orienter la suite du développement du produit. Soulignons ici que nous n'avons pas récolté de données de recherche à proprement parler, ce qui sera plutôt l'objet de la quatrième phrase, soit l'amélioration du prototype. Nous souhaitons plutôt obtenir une première forme de rétroaction, plus ouverte, pour nous assurer que le produit en cours de développement réponde à un réel besoin. À titre indicatif, afin d'orienter les rétroactions des personnes consultées, des questions ouvertes leur ont été proposées, par exemple :

- Êtes-vous familiers avec les rôles de l'activité de résolution de problèmes ? Si oui, trouvez-vous la description des trois rôles claire et complète ? Si non, est-ce que les informations présentées dans le schéma sont suffisantes pour vous permettre de comprendre les trois rôles ?
- Concernant l'enseignement *par* la résolution de problèmes, les informations présentées dans le schéma sont-elles suffisantes pour vous permettre de bien comprendre comment une approche d'enseignement-apprentissage *PAR* la résolution de problèmes peut être mise en œuvre en classe ? Il est important de savoir que le schéma sera éventuellement dynamique, c'est-à-dire que l'utilisateur pourra cliquer à différents endroits et accéder à différentes informations supplémentaires.
- Auriez-vous des commentaires ou suggestions pour améliorer le produit qui est en cours de développement ?

La première consultation a eu lieu auprès de trois professeurs en didactique des mathématiques d'universités québécoises différentes ayant accepté de nous faire part de leurs commentaires à l'oral lors d'une rencontre de groupe prévue à cet effet. Ensuite, les commentaires écrits de deux enseignants du primaire ont été recueillis (4^e et 5^e année du primaire) lors d'échanges par courriels. En troisième lieu, un des auteurs du RIM (MEES, 2019) a été rencontré lors d'un entretien virtuel. Finalement, la dernière consultation a été faite auprès du comité de valorisation du RÉVERBÈRE. Ce comité est composé à la fois de chercheurs-développeurs membres du RÉVERBÈRE et de représentants des partenaires du RÉVERBÈRE. Il faut aussi préciser que les chercheurs-développeurs membres du comité de valorisation n'ont pas

nécessairement la didactique des mathématiques en tant que domaine d'expertise. La diversité des spécialistes a donc permis de porter un regard nouveau sur la première version du schéma.

Les commentaires reçus lors de ces quatre moments de consultation ont permis de confirmer la pertinence du produit et son adéquation avec la visée du RÉVERBÈRE, mais ils ont aussi donné lieu à d'importants changements, et ce, à deux égards : le contenu du schéma et son organisation. Concernant le contenu, il a été décidé de présenter un seul rôle, soit l'enseignement *par* la RP, plutôt que les trois rôles initialement présentés. Il a été soulevé que le schéma était chargé en termes d'appropriation de nouvelles connaissances. Le fait d'aborder brièvement les trois rôles alors que ceux-ci ne sont pas nécessairement connus de tous les enseignants pouvait créer de la confusion chez ces derniers plutôt que de les aider. La priorisation de l'enseignement *par* la RP a donc permis de présenter ce rôle plus en profondeur. Celui-ci pourrait non seulement être défini (le quoi), en plus d'expliquer les bienfaits de son utilisation pour les élèves (le pourquoi). Le second changement concerne davantage la forme : l'exemple concret en trois temps était initialement présenté de manière linéaire, laissant croire qu'il s'agit d'un processus séquentiel. L'organisation a donc été revue pour illustrer le processus de manière cyclique et itérative.

3 La phase de développement du prototype

Les changements découlant des consultations réalisées lors de la phase précédente ont donné lieu à une nouvelle version qui correspond cette fois-ci au développement du prototype. Il s'agit de la troisième phase de la démarche de RD du RÉVERBÈRE (voir figure 1). À cette étape, nous avons fait appel à un graphiste pour passer de notre « schéma maison » à une réelle concrétisation de notre produit en une version tangible se rapprochant un peu plus d'une version finale. Cela étant dit, nous préférons parler d'une version « actuelle » puisqu'elle sera assurément appelée à évoluer au cours de la phase d'amélioration (phase 4 à venir). Il s'agit donc d'une version préliminaire, mais suffisamment développée pour être mise à l'essai.

La version actuelle du produit comporte deux éléments : le **schéma** d'enseignement-apprentissage *par* la RP et la **fiche d'animation** qui présente, à l'écrit, une activité concrète d'enseignement-apprentissage selon les différents temps d'enseignement proposés dans le schéma. Éventuellement, ces deux éléments seront combinés puisque la fiche d'animation sera intégrée au schéma. L'utilisateur pourra simplement cliquer sur l'onglet « consulter la fiche d'animation » à même le schéma pour y accéder.

3.1 Le schéma

Le schéma étant toujours en développement, nous proposons de décrire les principaux éléments le constituant tel qu'ils se présentent dans la version actuelle.

En termes d'organisation des informations, le schéma est composé de deux principales sections. La première section, en haut du schéma, présente le quoi, le pourquoi et le comment de l'enseignement-apprentissage *par* la RP. Trois encadrés définissent brièvement (1) ce qu'est l'enseignement-apprentissage *par* la RP, (2) pourquoi utiliser une telle approche et (3) comment la piloter en classe. Le tableau 2 ci-dessous présente brièvement le contenu de ces encadrés.

De plus, des pictogrammes représentant le signe « jouer » (*play*) sont inclus dans les deux premiers encadrés (le quoi et le pourquoi). Ces pictogrammes seront éventuellement cliquables et permettront aux utilisateurs d'accéder à de courtes capsules vidéos dans lesquelles les questions du quoi et du pourquoi seront approfondies. Ainsi, si l'utilisateur juge que les informations proposées à l'écrit ne sont pas suffisantes pour lui permettre de bien comprendre, il aura la possibilité de visionner une capsule vidéo qui propose des explications orales et écrites supplémentaires. Cette option n'est pas disponible pour l'encadré du comment, puisque cette question est au cœur du schéma. En effet, la deuxième section du schéma (donc la partie du bas) propose les trois temps d'un enseignement-apprentissage *par* la RP à propos d'un exemple concret d'animation d'une activité en classe (tel qu'annoncé dans l'encadré du

comment). Dans cette section, l'utilisateur peut cliquer sur deux onglets : l'onglet « consulter la fiche d'animation », lui permettant d'accéder au canevas écrit détaillant chaque étape de l'animation en classe, et l'onglet « regarder la vidéo de l'animation en classe », lui permettant de voir concrètement comment l'activité décrite dans la fiche d'animation peut être pilotée dans une classe du primaire.

Qu'est-ce que l'enseignement-apprentissage <i>par la RP</i> ?	Pourquoi utiliser une approche d'enseignement-apprentissage <i>par la RP</i> ?	Comment piloter une activité d'enseignement-apprentissage <i>par la RP</i> ?
Une approche d'enseignement-apprentissage visant à explorer et à développer des notions ou des processus mathématiques par la résolution d'un problème sans leçon préalable. C'est un MOYEN pour apprendre les mathématiques.	Pour développer une compréhension conceptuelle des notions et des processus mathématiques, pour favoriser l'engagement des élèves, pour favoriser la rétention des apprentissages et pour donner une voix à tous les élèves.	L'approche peut être décrite selon trois temps distincts, mais se veut cyclique et itérative. Le temps d'exploration et de discussion entre les élèves leur permet de s'engager dans la tâche AVANT l'étape de la formalisation des apprentissages. Un exemple présenté à l'écrit (fiche d'animation) et dans un contexte réel de classe (vidéo de l'animation) est proposé.

Tableau 2. Le quoi, le pourquoi et le comment de l'enseignement-apprentissage *par la RP*

Ainsi, la deuxième section du schéma tente de répondre le plus concrètement possible à la question « comment piloter une activité d'enseignement-apprentissage *par la RP* ? » en explicitant les trois temps d'une telle approche (inspiré du MEES, 2019). Ces trois temps sont décrits dans le tableau 3 ci-dessous.

Temps 1 : POSER et EXPLORER le problème	Temps 2 : COMPARER et DISCUTER les solutions des élèves	Temps 3 : RELIER les solutions d'élèves à un nouvel apprentissage mathématique	
Préparer les élèves pour la résolution du problème	Donner la parole aux élèves : partage des différentes façons de résoudre le problème	Dégager les éléments mathématiques clés	
Annoncer le problème et vérifier sa représentation initiale par les élèves	 Provoquer une confrontation saine des idées	Rendre explicites les apprentissages émergents	
Guider les élèves dans leur recherche de solution(s)			

Tableau 3. Les trois temps d'un enseignement-apprentissage *par la RP* tel que présenté dans le schéma

Il sera éventuellement possible pour l'utilisateur de cliquer sur chacune de ces étapes (par exemple, préparer les élèves pour la résolution du problème) en vue d'accéder automatiquement à la partie de la vidéo d'animation en classe correspondant à l'étape en question. De cette façon, un utilisateur qui souhaite uniquement voir comment se vit une étape en particulier pourra le faire plutôt que d'avoir à visionner la séance d'animation complète.

3.2 La fiche d'animation

La fiche d'animation proposée à titre d'exemple a été construite en utilisant les mêmes termes que ceux du schéma afin de permettre aux utilisateurs de faire facilement le parallèle entre les deux. Nous y

retrouvons donc toutes les étapes présentées dans le tableau 3. La fiche propose une analyse a priori de l'activité en présentant des exemples de questions à poser aux élèves, des exemples de relances et même des propositions de réponses d'élèves, parfois justes, parfois erronées, pour soutenir les enseignants dans le pilotage de l'activité. Il est prévu de bonifier la fiche en fonction des différentes expérimentations qui seront réalisées en classe lors de la phase d'amélioration du produit (phase 4 à venir).

À l'heure actuelle, la fiche est toujours en construction, mais les grandes lignes de l'activité peuvent être décrites à titre indicatif. Nous proposons une activité s'inscrivant dans le champ de la mesure dont l'objectif d'apprentissage est de découvrir que des figures planes ayant le même périmètre n'ont pas nécessairement la même aire (et vice versa). Le problème proposé s'adresse à des élèves de cinquième année du primaire (l'équivalent de CM2) qui connaissent déjà les concepts d'aire et de périmètre. Nous souhaitons donc, par ce problème, aller plus loin en permettant aux élèves de réfléchir à la relation entre l'aire et le périmètre. Pour ce faire, nous leur demandons de faire un choix entre deux options de chambres à coucher :

Si tu avais à choisir entre les deux options suivantes pour ta propre chambre à coucher, laquelle préférerais-tu ?

- **Chambre A** : Une chambre rectangulaire avec une longueur de 7 mètres et un périmètre de 18 mètres ?
- **Chambre B** : Une chambre rectangulaire avec une longueur de 5 mètres et un périmètre de 18 mètres ?

Attention ! Tu dois justifier ton choix à l'aide d'arguments mathématiques.

4 Les phases à venir

Les prochaines étapes du projet incluent les deux dernières phases de la démarche de RD, à savoir la phase d'amélioration, d'une importance indéniable, et la phase de diffusion.

4.1 La phase d'amélioration du prototype

Pour ce qui est de la phase d'amélioration du prototype, quatre boucles de mises à l'essai ont été planifiées : trois mises à l'essai empirique et une mise à l'essai systématique. Lors d'une mise à l'essai empirique, le produit est « soumis à un petit groupe d'utilisateurs cibles en situation d'utilisation réelle » (Harvey et Loiselle, 2009, cité dans Bergeron, Rousseau et Dumont, 2021, p. 37). La mise à l'essai systématique renvoie plutôt à la soumission du produit à un plus large éventail de personnes concernées (Harvey et Loiselle, 2009, cité dans Bergeron, Rousseau et Dumont, 2021). Étant donné que ce qui est vécu dans cette phase dépend de ce qui ressortira de chacune des mises à l'essai, il est évidemment impossible de tout prévoir. Nous sommes donc conscientes que notre planification risque d'être appelée à changer. Cela étant dit, le tableau 4 ci-dessous présente un aperçu de ce qui est prévu à l'heure actuelle.

Les trois premières boucles de mises à l'essai seront vécues de la même façon, à quelques différences près. Les enseignants seront d'abord invités à prendre connaissance du schéma. Il faut préciser que le schéma ne sera pas encore entièrement dynamique ni complet, puisque la séquence vidéo illustrant concrètement comment l'activité est vécue en classe ne sera pas encore intégrée au schéma. Les enseignants consulteront aussi la fiche d'animation de l'activité qu'ils expérimenteront par la suite avec leurs élèves. Une fois ces deux étapes accomplies, nous rencontrerons les enseignants lors d'une courte entrevue individuelle semi-dirigée d'une durée de 15 à 20 minutes. Des changements seront apportés au schéma et à la fiche d'animation en fonction des commentaires des enseignants afin de maximiser l'utilité du produit. Puis, une deuxième boucle de mise à l'essai identique à la première, mais avec de nouveaux enseignants, sera réalisée en utilisant la version améliorée du produit. La même démarche sera mise de l'avant pour les boucles 2 et 3, à l'exception près que lors de la troisième boucle, l'activité vécue en classe

avec les élèves sera filmée. Des séquences vidéo seront tirées de ces animations afin d'être intégrées au schéma. La dernière boucle de mise à l'essai sera cette fois systématique par le biais d'un questionnaire autoadministré. Elle sera l'occasion d'avoir l'avis d'un plus grand nombre d'enseignants sur le produit complet, à la fois le format et son contenu, c'est-à-dire le schéma incluant la captation de l'animation en classe et la fiche d'animation. Aucune expérimentation en classe n'est prévue lors de cette dernière boucle de mise à l'essai.

	Boucle 1	Boucle 2	Boucle 3	Boucle 4
Type de mise à l'essai	Empirique	Empirique	Empirique	Systématique
Instrument de collecte de données	Entrevue individuelle semi-dirigée	Entrevue individuelle semi-dirigée	Entrevue individuelle semi-dirigée	Questionnaire autoadministré (questions ouvertes et fermées)
Participants	3 enseignants du primaire	3 (nouveaux) enseignants du primaire	3 (nouveaux) enseignants du primaire	Entre 50 et 80 enseignants du primaire
Explication de la mise à l'essai	Prise de connaissance du schéma et de la fiche d'animation suivie d'une expérimentation en classe	Prise de connaissance du schéma et de la fiche d'animation (améliorés) suivie d'une expérimentation en classe	Prise de connaissance du schéma et de la fiche d'animation (améliorés) suivie d'une expérimentation en classe filmée	Prise de connaissance du schéma complet (avec séquences vidéos intégrées) sans expérimentation en classe

Tableau 4. Planification des boucles de mises à l'essai

Par ailleurs, il est important de comprendre que l'objectif des boucles de mise à l'essai est double. En effet, les entrevues et le questionnaire permettront d'une part de recueillir les commentaires des enseignants par rapport à la clarté et à la pertinence du produit, c'est-à-dire le schéma et la fiche d'animation, dans une visée d'amélioration et de mise au point, et d'autre part, de recueillir des données pour atteindre notre objectif de recherche qui, rappelons-le, est de mieux comprendre les défis perçus par les enseignants du primaire en lien avec le pilotage d'une séance d'enseignement-apprentissage des mathématiques *par* la RP. Pour atteindre cet objectif, des questions lors des entrevues semi-dirigées porteront spécifiquement sur cet aspect, par exemple : en quoi le produit peut-il vous soutenir pour piloter des activités d'enseignement-apprentissage par la résolution de problèmes ? Selon vous, quelles sont les prises de conscience ou les différentes réflexions que peut susciter le produit chez les enseignants du primaire ? Une analyse thématique des données qualitatives ainsi obtenues permettra de répondre à notre objectif de recherche.

4.2 La phase de diffusion du produit et des résultats de recherche

Lorsque nous aurons atteint une version finale satisfaisante, c'est-à-dire une version du produit qui est adaptée aux besoins réels du milieu de pratique, nous envisageons utiliser quatre canaux de diffusion différents :

- La publication d'articles scientifiques pour présenter les résultats liés à notre objectif de recherche ;

- la réalisation de communications dans des colloques professionnels pour présenter le produit aux enseignants du primaire qui sont nos utilisateurs cibles ;
- la formation initiale pour présenter le produit aux futurs enseignants du primaire dans les cours de didactique des mathématiques ;
- la mise à disposition du produit gratuitement sur la plateforme du RÉVERBÈRE (www.reverbereeducation.com)

IV - CONCLUSION

Considérant le critère de transférabilité qui réfère à l'applicabilité des données et des résultats de recherche dans d'autres contextes ou d'autres situations (Kemp, 2012), il nous apparaît important de se questionner et de faire des choix afin de développer un produit qui soit utile non pas seulement à des enseignants canadiens francophones, mais aussi à des enseignants œuvrant dans d'autres régions ou pays francophones. À ce propos, la recension des écrits a permis de constater que les rôles de la RP, parfois appelés intentions, fonctions, visées ou finalités, se retrouvent tout autant dans les écrits scientifiques et ministériels provenant des États-Unis ou de pays européens. À titre d'exemple, Vlassis, Mancuso et Poncelet (2014) expliquent que dans le curriculum luxembourgeois, il y a trois principaux rôles accordés à la RP : (1) l'apprentissage des stratégies d'une résolution experte de problèmes, (2) l'application dans les problèmes des nouveaux savoirs enseignés et (3) l'apprentissage de nouveaux contenus mathématiques. Ces trois rôles correspondent respectivement à l'enseignement *de*, *pour* et *par* la RP décrits dans le cadre de notre recherche. Nous avons donc confiance en l'utilité du schéma que nous développons pour des enseignants qui travaillent à l'extérieur du Canada, pourvu qu'il s'agisse d'un milieu francophone. Bien que cette recherche s'inscrive en contexte canadien, nous tenterons d'aller au-delà de ce contexte lors des différentes boucles de mises à l'essai afin d'obtenir le point de vue d'enseignants de différents endroits et d'assurer au mieux la transférabilité de notre produit. Nous pourrions ainsi prendre en compte différentes réalités de terrain lors de la phase d'amélioration du produit.

V - BIBLIOGRAPHIE

Archambault, I. et Olivier, E. (2018). L'engagement des élèves à l'école : définir et intervenir. Dans N. Rousseau et G. Espinosa (dir.), *Le bien-être à l'école. Enjeux et stratégies gagnantes* (p. 31 – 46). Québec : Presses de l'Université du Québec.

Barabé, G. (2022). *Étude de l'évolution de tâches mathématiques routinières à travers leur exploitation collective en classe* (thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal). Repéré à <https://archipel.uqam.ca/16441/>

Bergeron, L. et Rousseau, N. (2021). *La recherche-développement en contextes éducatifs : une méthodologie alliant le développement de produits et la production de connaissances scientifiques*. Québec : Presses de l'Université du Québec. <https://doi.org/10.2307/j.ctv224v0vg.9>

Bergeron, L., Rousseau, N. et Bergeron, G. (2021). Quelques propositions méthodologiques pour une recherche-développement dans les contextes éducatifs. Dans L. Bergeron et N. Rousseau (dir.), *La recherche-développement en contextes éducatifs : une méthodologie alliant le développement de produits et la production de connaissances scientifiques* (p. 3 – 24). Québec : Presses de l'Université du Québec. <https://doi.org/10.2307/j.ctv224v0vg.8>

Bergeron, L., Rousseau, N. et Dumont, M. (2021). Une opérationnalisation de la recherche-développement menée en contextes éducatifs. Dans L. Bergeron et N. Rousseau (dir.), *La recherche-développement en contextes éducatifs : une méthodologie alliant le développement de produits et la production de connaissances scientifiques* (p. 25 – 43). Québec : Presses de l'Université du Québec. <https://doi.org/10.2307/j.ctv224v0vg.9>

Bergeron, L., Rousseau, N., Bergeron, G., Dumont, M., Massé, L., St-Vincent, L.-A. et Voyer, D. (2020). *Démarche itérative de recherche-développement*. Document inédit, Laboratoire sur la recherche-développement au service de la diversité, Université du Québec à Trois-Rivières.

Bori-Anadon, C., Desmarais, M.-É., Rousseau, N., Giguère, M.-H. et Kenny, A. (2021). *Le bien-être et la réussite en contexte de diversité : un cadre enrichi pour le RÉVERBÈRE*. https://reverbereeducation.com/wp-content/uploads/2022/02/Cadre-Diversite-réussite-Reverbere-2022_final.pdf

Charnay, R. (1992). Problème ouvert, problème pour chercher. *Grand N*, 51, 77 – 83.

Dionne, J. et Voyer, D. (2009). Conférence d'ouverture : 50 ans d'enseignement des mathématiques au Québec. *Bulletin AMQ*, 49(3), 6 – 26.

Fagnant, A. et Vlassis, J. (2010). Le rôle de la résolution de problèmes dans les apprentissages mathématiques : questions et réflexions. *Éducation Canada*, 50(1), 50 – 52.

Forest, M.-P. et Voyer, D. (2022). Une approche d'enseignement des mathématiques par la résolution de problèmes : qu'en disent les enseignants du primaire? *Revue canadienne des jeunes chercheuses et chercheurs en éducation*, 13(3), 11 – 18. <https://journalhosting.ucalgary.ca/index.php/cjnse/article/view/76025>

Goulet-Lyle, M.-P. (2018). *Méthodes de résolution de problèmes écrits de mathématiques présentées au primaire : pratiques associées et effets de ces méthodes sur l'activité mathématique des élèves* (thèse de doctorat, Université du Québec à Rimouski). Repéré à <http://semaphore.ugr.ca/id/eprint/1541/>

Houdement, C. (2017). Résolution de problèmes arithmétiques à l'école. *Grand N*, 100, 59 – 78.

Kapur, M. (2014). Productive failure in learning math. *Cognitive science*, 38, 1008 – 1022. <https://doi.org/10.1111/cogs.12107>

Kemp, S. J. (2012). Constructivist criteria for organising and designing educational research: How might an educational research inquiry be judged from a constructivist perspective? *Constructivist Foundations*, 8(1), 118 – 125. <http://constructivist.info/8/1/118>

Lajoie, C. et Bednarz, N. (2014). La résolution de problèmes en mathématiques au Québec : évolution des rôles assignés par les programmes et des conseils donnés aux enseignants. *Éducation et francophonie*, 42(2), 7 – 23. <https://doi.org/10.7202/1027903ar>

Lajoie, C. et Bednarz, N. (2016). La notion de situation-problème en mathématiques au début du XXI^e siècle au Québec : rupture ou continuité? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(1), 1 – 27. <https://doi.org/10.1080/14926156.2014.993443>

Ministère de l'Éducation de l'Ontario. (2006). *Guide d'enseignement efficace des mathématiques de la maternelle à la 6^e année. Fascicule 2*. Gouvernement de l'Ontario.

Ministère de l'Éducation et du Développement de la petite enfance du Nouveau-Brunswick. (2016). *Programme d'études. Mathématiques au primaire*. Gouvernement du Nouveau-Brunswick.

Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement Supérieur. (2019). *Référentiel d'intervention en mathématique*. Gouvernement du Québec. Repéré à http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/adaptation_serv_compl/Referentiel-mathematique.PDF

National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*.

Proulx, J. (2019). *Document de travail pour le cours MAT 3227. Enseignement des mathématiques par résolution de problèmes : approche, fondements et illustrations*. Repéré à <http://profmath.ugam.ca/~jproulx/MAT3227.html>

RÉVERBÈRE. (2021). *Plan de partenariat et de gouvernance*. Repéré à https://reverbereeducation.com/wp-content/uploads/2022/04/Plan-de-partenariat_2021_final.pdf

Sarrazy, B. (2008). De quelques effets de contrats et du rôle des situations didactiques dans la résolution des problèmes d'arithmétique au cycle 3. *Actes du séminaire national : l'enseignement des mathématiques à l'école primaire*, 61 – 81.

Schroeder, T. et Lester, F. (1989). Developing understanding in mathematics via problem solving. Dans P. R. Trafton et A. P. Shulte (dir.), *New directions for elementary school mathematics* (p. 31 – 42). Reston : National Council of Teachers of Mathematics.

Small, M. (2013). *Making math meaningful to canadian students, K-8*. Toronto : Nelson Education.

Theis, L. et Gagnon, N. (2013). *L'apprentissage à travers des situations-problèmes mathématiques. Bases théoriques et réalisation pratique*. Québec : Presses de l'Université du Québec.

Vlassis, J., Mancuso, G. et Poncelet, D. (2014). Le rôle des problèmes dans l'enseignement des mathématiques : analyse des croyances d'enseignants du primaire. *Cahiers des Sciences de l'Éducation*, 36(1), 143 – 175. http://www.aspe.ulg.ac.be/Files/6_vlassis_mancuso_poncelet_pp.143_174.pdf

Voyer, D., Lavoie, N., Goulet, M.-P. et Forest, M.-P. (2018). La littérature jeunesse pour enseigner les mathématiques : résultats d'une expérimentation en première année. *Revue canadienne de l'éducation*, 41(3), 633 – 660. <https://www.jstor.org/stable/26570563>

VI - ANNEXE 1

Version initiale du schéma (phase de structuration)

