LE SITE INTERNET CAMI : UNE RESSOURCE VIRTUELLE POUR SOUTENIR LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES CHEZ LES ÉLÈVES FRANCOPHONES DU NOUVEAU-BRUNSWICK

Viktor Freiman
Université de Moncton

Lucie DeBlois
Université Laval

Mots-clés : Site Internet - Résolution de problèmes - Processus créatif – Mathématiques.

Résumé : Le site Internet CAMI, au service des élèves francophones du Nouveau-Brunswick, du Canada et d'ailleurs a été conçus en 2000. Il met chaque élève dans un processus de construction d'une démarche authentique de résolution de problèmes mathématiques à caractère ouvert. Via l'environnement virtuel, la solution soumise par l'élève s'ajoute aux autres solutions produites par d'autres élèves. Cette ressource permet ainsi de générer une grande variété de stratégies et de procédures employées par les élèves. En analysant la diversité des moyens de communication et de raisonnement utilisés par les élèves, nous apprenons à apprécier leur créativité pour mieux les exploiter en recherche et en pratique de salle de classe.

1. Contexte canadien francophone du Nouveau-Brunswick

Depuis les années 90, le système scolaire néobrunswickois, unique au Canada par sa dualité linguistique, subit des changements importants. Les deux secteurs scolaires, francophone et anglophone, modifient leurs structures organisationnelles et pédagogiques selon leurs propres besoins, visions, modalités, régimes pédagogiques, programmes d'études. Les acteurs du système essaient ainsi d'améliorer les services éducatifs fournis à la population dans leur langue respective, tout en gardant en vue les tendances nouvelles en éducation communes aux deux secteurs. Cette situation se retrouve d'ailleurs dans plusieurs autres systèmes éducatifs à travers le monde.

Les grandes lignes de ces changements se trouvent par ailleurs dans le rapport de la Commission provinciale sur l'excellence en éducation, créée pour promouvoir l'excellence en éducation, en formation et en développement de ressources humaines au Nouveau-Brunswick (Landry et Downey, 1991). Les recommandations de cette commission trouvent, peu à peu, leur chemin à travers le milieu scolaire complexe et diversifié. En analysant les réformes de vingt dernières années, on repère que plusieurs changements ont été initiés par ce rapport. Ainsi, les nouveaux programmes standardisés ont été créés pour presque la totalité de matières scolaires et des outils d'évaluation provinciale sous forme de tests ont été implantés en langue, en mathématiques et en sciences. L'intégration des élèves à besoins spéciaux a pris la forme la plus radicale de l'inclusion scolaire avec l'offre de services d'encadrement de plus en plus individualisés pour ces élèves.

Notons également un apport de la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université de Moncton. Cette institution post-secondaire est la seule francophone de la province. Elle est autorisée à certifier la formation des enseignants. Elle a réorganisé ses programmes selon une vision de l'apprentissage comme processus interactif de socialisation-autonomisation. Ce processus s'adapte aux caractéristiques individuelles de chaque apprenante ou apprenant. Il vise à actualiser le plein potentiel de chaque élève dans ses dimensions intrapersonnelle, interpersonnelle et sociale. Il est situé dans un cadre intégrateur appelé la *pédagogie actualisante* (Landry, Ferrer & Vienneau, 2002).

Malgré des efforts considérables d'implantation de ces réformes, les problématiques soulevées dans le rapport des années 90 demeurent encore actuelles. En effet, les résultats des élèves du Nouveau-Brunswick dans les épreuves internationales conduites par le Programme for International Student Assessment (PISA) (Organisation de Coopération et de Développement Économique OCDE, 2000, 2003, 2006, 2009) se situent à la queue du peloton pour les trois matières évaluées, soit la lecture, les mathématiques et les sciences quoique certains progrès, notamment en mathématiques, soient observables. Ainsi, différentes politiques proposant des solutions se multiplient. C'est ainsi que le *Plan d'Apprentissage de Qualité* (Gouvernement du Nouveau-Brunswick - GNB, 2002) a donné lieu, entre autres, à une étude pilote portant sur l'accès direct aux ordinateurs portables en 7^{e}année[1] et 8^{e} année (un ordinateur par élève). En outre, le récent programme *Les enfants au premier plan* (GNB, 2007) souligne l'engagement du ministère de l'Éducation d'agir avec urgence au niveau de la littératie, de la numératie et des sciences en appuyant les pratiques innovantes chez les enseignants. Finalement, comme mesure de contrôle de qualité de l'enseignement et de l'apprentissage, des examens uniformes provinciaux ont été instaurés. En mathématiques, cette mesure est prise à la fin de la 3^{e}, 5^{e}, 8^{e} et 11^{e} années scolaires, sur une échelle de la maternelle à la fin du secondaire (M-12).

En parcourant le paysage éducatif néobrunswickois, il est facile de constater que la dualité linguistique ne mène pas automatiquement à une équité linguistique. En effet, les francophones vivant dans une situation minoritaire doivent faire face à des défis particuliers, surtout au niveau de la conservation et du développement de leur langue et de leur culture. Au Québec, la plupart des citoyens sont influencés par des aspects de la vie principalement francophones (médias, échanges économiques). Ceux hors

[1] Le mot 'année' réfère au niveau scolaire des élèves. Au Canada, les élèves de 6 ans commencent en première année. C'est ainsi que l'élève qui est en 7^{e} année scolaire à 13 ans.

Québec vivent sous une influence principalement anglophone. Leur statut minoritaire limite alors les ressources de langue française qui leur sont disponibles sur le plan culturel et éducatif (Laplante, 2001).

Cette situation de minorité linguistique a des impacts aussi sur l'éducation des élèves, incluant la question de l'enseignement des mathématiques. Selon d'Entremont (2003), la langue joue un rôle important et peut devenir un obstacle important pour les apprentissages des élèves vivant en milieu francophone minoritaire. Celle-ci avance que l'utilisation mixte des langues semble avoir un effet négatif sur le rendement en mathématiques de ces élèves. Selon la chercheure, une bonne connaissance de la langue française facilite la verbalisation des stratégies de résolution de problèmes et des algorithmes. Les travaux de Lewthwaite, Stoeber et Renaud (2007), quant à eux, montrent les exigences plus complexes de ce type de milieu compte tenu des habiletés langagières des élèves et des aspirations de la communauté scolaire. Les recherches menées sur les résultats des élèves canadiens dans les items PISA) permettent de reconnaître que les élèves francophones vivant dans une situation minoritaire peuvent être particulièrement désavantagés lors la résolution de problèmes de niveaux 4, 5 et 6 définis par le PISA (Rousseau, Freiman, Savard, & DeBlois, 2008 ; DeBlois, Freiman, & Rousseau, 2007). Le but de notre article est de présenter le site Internet CAMI qui propose ce type de problèmes et d'illustrer son potentiel de générer une diversité de solutions d'élèves, ce qui nous permettra de mieux comprendre leur raisonnement et d'apprécier davantage la créativité qui y émerge.

2. Résolution de problèmes : place dans les programmes d'études

Dans le cadre d'un projet spécial présenté lors du dernier *Colloque de l'Espace Mathématique Francophone*, Freiman, Richard, & Jarvis (2012) ont décrit en détails la structure actuelle de l'enseignement des mathématiques au Nouveau-Brunswick. Sans entrer dans ces détails, notons que la définition des mathématiques comme discipline scolaire dans les programmes d'études les plus récents est en vigueur depuis 2011 (MEDPENB, 2011). Cette définition englobe cinq domaines (nombre, régularités et algèbre, géométrie, mesure, traitement de données et probabilités) et quatre '*principes didactiques*' (gérer et résoudre une situation-problème, communiquer mathématiquement, raisonner mathématiquement et habileté de faire des liens). Cette expression a été préférée à celle de compétences utilisée dans les programmes québécois. Nous posons l'hypothèse selon laquelle les expressions « Principles and standards » utilisées aux États-Unis auraient pu jouer leur influence sur ce choix. Les cadres théoriques dans lesquels s'inscrivent ces expressions montrent des contradictions qui ne sont pas toujours repérées. Cela pourrait expliquer, en partie, les difficultés à mettre en œuvre les propositions des programmes de formation.

Le ministère de l'Éducation accorde, entre autres, une importance accentuée à la résolution de problèmes en lien avec les situations de vie comme objet et comme outil d'apprentissage (MEDPENB, 2011). Un lien avec le contexte de vie de tous les jours est d'ailleurs explicitement établi dans la formulation d'un résultat d'apprentissage général, dans le domaine du 'nombre' (*Effectuer des opérations avec différentes représentations numériques afin de résoudre des problèmes de vie réelle*, MEDEPNB, 2011, p. 19). La résolution de problèmes complexes, parfois mal formulés, est proposée afin que les élèves entrent dans une démarche de résolution qui ne leur est pas familière.

L'importance accordée à la résolution de problèmes se lit également à travers la définition d'une personne mathématiquement éduquée. Ainsi, le programme met l'accent sur les qualités requises par le marché de travail. On cite, par exemple, la compréhension de la technologie, la complexité de situations à résoudre, la communication et la collaboration (MEDPENB, 2011). Le rôle joué par les mathématiques devient important sur le plan du développement de compétences personnelles en adoptant une visée professionnelle.

De plus, un cadre d'évaluation définit les modalités de l'examen provincial pour les niveaux scolaires 3, 5, 8, 11. Par exemple, celui de 5e année scolaire (MEDPENB, 2012) précise que « quel que soit le niveau scolaire, la contribution de la mathématique à la formation fondamentale de l'élève porte sur la capacité de celui-ci à gérer et résoudre des problèmes, à établir des liens, à raisonner et à communiquer efficacement, et ce, dans des contextes variés qui sont liés aux six domaines conceptuels retenus dans les plans d'étude. Cela suppose de proposer, en salle de classe, des situations authentiques par lesquelles les élèves développent leur compréhension des notions et leur habileté à raisonner avec ces notions. L'évaluation sommative, pour être conséquente au domaine ainsi défini, proposera aux élèves, pour chacun des quatre domaines conceptuels, des tâches signifiantes faisant appel à différentes habiletés caractérisées par les démarches cognitives qu'elles sollicitent » (MEDPENB, 2012, p. 3).

Selon ce même cadre (MEDPENB, 2012), trois catégories d'habiletés ont été retenues : la maîtrise des concepts, la maîtrise des applications et la résolution de problèmes. Pour évaluer la maîtrise des concepts, les élèves devront montrer qu'ils peuvent définir des concepts mathématiques, les expliquer, générer des exemples et des contre-exemples, et passer d'un mode de représentation à un autre. Interpréter un graphique et traduire une situation donnée par un modèle mathématique sont aussi des manifestations de cette habileté. Pour évaluer la maîtrise des applications, les élèves devront démontrer leur connaissance des règles et des procédures utilisées pour réaliser des opérations mathématiques. Finalement, pour évaluer la résolution de problèmes, les élèves devront démontrer leur capacité à résoudre des problèmes plutôt familiers. Les situations proposées, qu'elles soient contextualisées ou non, leur permettront de mettre en application leurs stratégies de résolution de problèmes. Une démarche complète de résolution de problème implique les caractéristiques suivantes :

- *dégager* de la situation les éléments d'information pertinents qui se prêtent à un traitement mathématique ;
- *modéliser* la situation et élaborer une démarche de solution appropriée qui démontre par le choix des opérations, une compréhension adéquate du problème ;
- *appliquer* correctement les opérations ou les relations choisies dans la démarche de solution ;
- *valider* sa solution en s'assurant que sa démarche est adéquate et communiquée clairement, et que sa réponse est plausible en regard du contexte (MEDPENB, 2012, p. 3).

Sur l'ensemble des items de l'examen sommatif provincial, 30% sollicitent la résolution de problèmes. La dynamique de ces résultats d'une année à l'autre ne semble pas démontrer les progrès désirés, et ce, malgré de nombreux efforts d'amélioration mentionnés ci-dessus. L'absence de recherches didactiques en salle de classe, notamment sur les pratiques d'enseignement, ne permettent pas de connaître tous les facteurs contribuant au maintien de cette situation. Toutefois, LeBlanc et Freiman (2011) notent un manque de ressources proposant des problèmes demandant plus qu'une étape de résolution, ainsi qu'un accompagnement didactique insuffisant pour permettre aux enseignants de comprendre la démarche construite par l'élève et lui donner une rétroaction «constructive». Nous entendons par démarche

« constructive », une guidance qui prend comme tremplin le raisonnement de l'élève pour lui permettre de progresser dans sa conceptualisation.

3. Ressources : site Internet CAMI

Afin de contrer le problème lié au manque de ressources, le site Internet CAMI a été créé. Cette ressource virtuelle multiplie les occasions de résoudre une variété de problèmes mathématiques. Ce site est accessible gratuitement aux élèves francophones du Nouveau-Brunswick et ailleurs dans le monde. Il permet à l'élève de construire et de communiquer sa démarche par l'entremise d'un formulaire électronique. Les traces de cette communication pourraient donc devenir un objet d'intérêt particulier pour les enseignants et les didacticiens.

3.1. Une description de l'outil technologique

Il est nécessaire de préciser d'abord qu'une première version du site Internet nommée Chantier d'apprentissages mathématiques interactifs (CAMI, www.umoncton.ca/cami) a été lancée en septembre 2000. Il est le fruit d'une collaboration de l'Université de Moncton et du District scolaire 1 du Nouveau-Brunswick (Vézina & Langlais, 2002). Le but de ce projet était, dans un premier temps, de créer un outil pour aider les élèves francophones du Nouveau-Brunswick à développer des habiletés en résolution de problèmes et en communication d'idées mathématiques. Dans un second temps, cet outil visait à former les étudiants en didactique des mathématiques à l'Université de Moncton. Ce second but permettait à la cohorte universitaire de pouvoir mieux comprendre les raisonnements utilisés par les élèves dans un processus de résolution de problèmes, de développer des habiletés en évaluation formative et de se familiariser avec le rôle des technologies comme outil d'apprentissage en mathématiques (Vézina & Langlais, 2002).

Le modèle du problème de la semaine (*Problem of the Week*) exploité par l'équipe du site Math Forum cité ci-dessus (Renninger & Shumar, 2002) a été retenu. Sur une base hebdomadaire, quatre problèmes mathématiques étaient affichés sur le site CAMI selon quatre niveaux de difficulté (apprenti, technicien, ingénieur et expert). Vers la fin de 2005, cette communauté virtuelle émergente donnait l'accès à une base de plus de 700 problèmes mathématiques qui touchent tous les domaines conceptuels du programme d'études (Freiman, Vézina & Gandaho, 2005a).

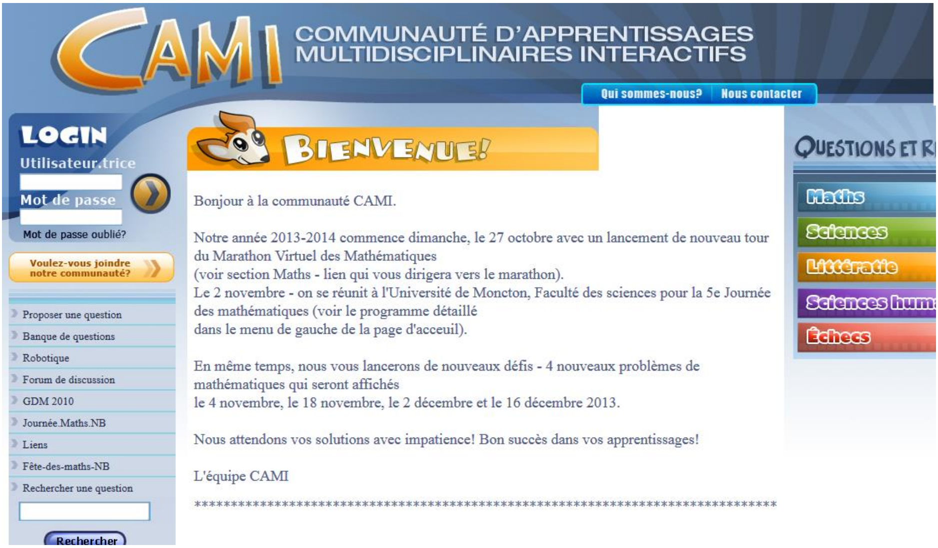
Les premiers sondages réalisés par l'équipe CAMI ont révélé que les élèves aimaient le design du site et les activités de résolution de problèmes en ligne. Les enseignants semblaient apprécier les occasions d'améliorer la résolution de problèmes et la communication mathématique chez leurs élèves. Les étudiants en formation initiale semblaient apprécier l'occasion d'analyser des solutions authentiques d'élèves et de rédiger des rétroactions formatives leur donnant ainsi différents exemples de raisonnements mathématiques d'élèves (Freiman, Vézina & Langlais, 2005b ; Vézina & Langlais, 2002). Ces mêmes sondages indiquaient toutefois les limites importantes de la communication par courriel, communication parfois instable et peu efficace. Dans ces cas, les traces du travail des élèves se perdaient dans une multitude de messages non structurés. De plus, la logistique du site ne permettait pas de suivre les progrès des élèves sous forme d'un portfolio électronique, un besoin clairement exprimé dans les sondages.

Un nouveau site CASMI (Communauté d'apprentissages scientifiques et mathématiques interactifs) a été lancé en 2006. L'utilisateur devenait membre d'une communauté en créant un profil d'utilisateur et en obtenant la possibilité de gérer son propre portfolio nommé *Mon dossier* par un mot de passe et un nom d'utilisateur. Dans ce dossier, toutes les traces du travail accompli par l'élève, l'étudiant universitaire ou l'enseignant étaient conservées dans une base des données dynamique contenant les problèmes résolus, les rétroactions formatives personnalisées reçues, et les problèmes qu'il a proposés. Dans cette même rubrique, l'utilisateur pouvait modifier les informations contenues dans son profil et partager son dossier avec tout autre membre de la communauté en utilisant le nom identifiant : un nom (code) unique attribué à chaque membre dans la communauté.

Au niveau technologique, le site constituait une plate-forme virtuelle munie d'une structure dynamique de base de données. Cette nouvelle conception du site a permis d'améliorer les interactions entre le système de gestion des données et les utilisateurs et aussi entre les utilisateurs. De plus, il est devenu possible d'enregistrer, de stocker et d'utiliser les différentes traces numériques d'usage grâce aux divers outils d'interaction et de communications asynchrones implantés (Freiman & Lirette-Pitre, 2009).

La communauté a été élargie en incorporant des questions dans le domaine des sciences (physique, chimie et biologie) ainsi que des énigmes d'échecs (Freiman & Lirette-Pitre, 2009). En 2010, le site est devenu multidisciplinaire en abritant les sections de littératie (développée par Sylvie Blain, professeure à l'Université de Moncton) et de sciences humaines (développée par Aicha Bennimas, également professeure à l'Université de Moncton). Le site a ainsi retrouvé son abréviation initiale CAMI qui signifie maintenant Communauté d'apprentissages multidisciplinaires interactifs. La figure 1 illustre la page d'accueil du site dans sa version actuelle (décembre 2010).

Figure 1 : La page d'accueil du site CAMI, version 2010



3.2. Une utilisation de l'espace virtuel

Lorsque l'élève se rend sur le site CAMI, il peut faire le choix entre les quatre problèmes qui sont actifs au moment de sa visite (Figure 2):

Figure 2 : Section 'Mathématiques' du site CAMI

Les icones pour chaque catégorie ne portent qu'une signification illustrative. Ainsi, dans chacune d'elles, on peut trouver des problèmes de tous les domaines mathématiques (nombres et opérations, géométrie et mesure, relations et régularités, statistiques et probabilités). Le niveau de difficulté varie d'une catégorie à l'autre, sans toutefois être rattaché à un niveau scolaire. Chacun des niveaux a un titre : 2+2, équerre, compas et calculatrice. Ainsi, un élève de 5^{e} année (10-11 ans) peut tenter de résoudre un problème de la catégorie '2+2' (le niveau plus facile) ainsi que de la catégorie 'calculatrice' (le niveau plus difficile). Un formulaire électronique offre à l'élève divers outils de rédaction (texte, tableau, liens, etc.) pour communiquer sa démarche qu'il pourra, par la suite, soumettre au système. La solution sera ainsi enregistrée dans la base des données CAMI.

Développée en suivant une méthodologie de Design Basé sur la Recherche (Design-Based Research Collective, 2003), le site CAMI a permis de générer une importante quantité de problèmes et de solutions. Notons que pour une période entre septembre 2007 et août 2010, nous avons enregistré plus de 100 000 visites d'élèves et d'enseignants visionnant plus d'un million de pages et soumettant plus de 30 000 solutions. Cette base de données donne aujourd'hui une possibilité de conduire des études portant sur différents aspects de la résolution de problèmes. C'est ainsi que nous nous sommes questionnés sur l'impact du site sur les apprentissages des élèves.

En établissant notre programme de recherche, nous nous sommes demandé comment les élèves communiquent leurs démarches dans un environnement virtuel de résolution de problèmes complexes. Quel type de raisonnement emploient-ils dans un contexte de construction d'une démarche de résolution de problème authentique? Comment mobilisent-ils leurs ressources créatives pour construire leur propre démarche? Une première étude de nature quantitative a ainsi permis d'examiner la richesse des problèmes proposés dans le site CAMI. Ainsi, la richesse du problème a été évaluée selon des critères déjà utilisés dans la littérature. Une définition intégrée identifie un problème comme étant riche lorsque ce dernier est :

- ouvert : plusieurs réponses sont possibles et peuvent être obtenues en utilisant plusieurs stratégies) ;
- complexe : nécessite plus d'une étape pour le résoudre, permet une exploration plus profonde allant jusqu'aux généralisations et la formulation de nouvelles questions - nouveaux problèmes – et demande de faire un choix et de le justifier ;
- mal défini : contient de données manquantes ou superflues ;
- contextualisé (en lien avec le vécu des élèves) ;
- offre diverses interprétations possibles.

La créativité des solutions des élèves a aussi été évaluée selon les critères d'originalité (produire une solution inédite), de flexibilité (capacité de modifier une stratégie, selon les besoins) et de souplesse (produire plusieurs solutions à un problème) pour voir, par la suite, si la richesse plus élevée d'un problème apporte un plus grand nombre de solutions (Manuel, 2011; Manuel, Freiman et Bourque, 2012). Nous avons observé que les problèmes plus riches permettaient d'obtenir des solutions plus créatives. Toutefois, cette étude n'a pas permis d'expliciter cette créativité dans les traces de solutions, ni d'indiquer comment cette richesse dans la solution d'élève pouvait être exploitée par les enseignants dans leur pratique.

Une deuxième étude a été réalisée en collaboration entre l'université de Moncton et l'Université Laval pour répondre à ces questions. Elle a permis d'approfondir le concept de créativité présente dans les productions d'élèves. Les résultats de cette étude montrent que la créativité des élèves est liée à la façon dont les élèves organisent les contraintes en jeu (Bélanger, DeBlois & Freiman, soumis). En effet, cette étude montre que même dans le cas où l'élève prend comme repères l'ensemble des contraintes implicites et explicites d'un problème, ce sont les relations crées entre elles qui contribuent à rendre la démarche des élèves plausible ou non.

Dans la section suivante, nous analyserons un problème provenant du site CAMI pour étudier des solutions d'élèves selon les différents éléments de la démarche. La valeur ajoutée sur le plan didactique sera enfin discutée.

4. D'un énoncé à caractère ouvert à la créativité des solutions des élèves : exemple d'un problème CAMI

Voici un exemple de problème provenant de la catégorie '2+2' :

Estime, en faisant tes calculs détaillés, combien de repas mange-t-on durant une année scolaire?

Pour les AS: Tes parents préparent un budget de ces repas pour l'année. Peux-tu les aider dans leurs calculs?

Notons que la rubrique 'pour les AS' est ajoutée à certains problèmes afin d'inciter l'élève à poursuivre l'exploration du problème, avec plus de profondeur. Ce problème fait intervenir une structure mixte puisque la structure additive et la multiplicative interviennent (Vergnaud, 1981). Ainsi, les élèves peuvent réunir des ensembles équipotents s'ils calculent le nombre de jours par semaine. Ils retirent des éléments lorsqu'ils calculent les jours de congé à enlever. Selon les critères de richesse élaborés par Manuel, Freiman et Bourque (2012), ce problème est ouvert parce que plusieurs réponses et plusieurs stratégies sont possibles. Il est complexe car il peut avoir plusieurs étapes de résolution. Il est contextualisé à cause de l'évocation aux activités familières des élèves. De plus, il est mal défini car il manque des données. En effet, le nombre de jours d'école n'est pas donné.

Parmi 42 solutions reçues, 18 ne contiennent qu'une réponse chiffrée. Ainsi, seul le nombre de jours et/ou repas apparaissent. Parfois, le montant en argent est ajouté comme réponse à la question '*pour les AS*'). Deux autres solutions contiennent les commentaires qui ne semblent pas avoir de rapport avec le problème. Enfin, vingt-deux solutions ont des traces explicites de la démarche de l'élève, détaillée ou non.

Selon les caractéristiques provenant du cadre d'évaluation du ministère de l'éducation du Nouveau-Brunswick présenté en début de l'article (MEDPENB, 2012, p. 3), l'élève devait tout d'abord «dégager de la situation les éléments d'information pertinents qui se prêtent à un traitement mathématique». Ces éléments correspondent au nombre de jours d'école dans une année, au nombre de repas par année et au coût de l'achat. Ces éléments sont donc des repères pour les élèves, des contraintes implicites puisqu'elles ne sont pas données. Ces contraintes pouvaient ensuite être organisées et traitées de façon isolée (comme étape de résolution) ou comme un tout. Les élèves pouvaient ainsi préciser leur sensibilité aux contraintes implicites de la situation en définissant «une journée d'école», «un repas (nombre de repas par jour)» et «le coût d'un repas». Puisque ces informations ne se trouvent pas explicitement dans l'énoncé, il y une variété de nombres dans les démarches écrites des élèves. Nous avons identifié quatre repères différents pour regrouper leurs solutions, autant de manifestations de leur sensibilité (Bélanger, 2014) :

<u>Groupe A (un mois à la fois)</u> : 5 élèves ont associé le nombre de jours d'école à chacun des mois de l'année, sauf les mois de juillet et d'août, parce qu'il n'y a pas d'école.

<u>Groupe B (nombre total de mois)</u> : 6 élèves ont travaillé à partir du nombre 10 ou 9 correspondant au nombre de mois d'école par année.

Groupe C (365 comme repère) : 4 élèves ont travaillé à partir du nombre 365, en essayant d'estimer, de différentes manières, le nombre de jours sans école.

Groupe D (réponse, sans explication) : 7 élèves ont utilisé un nombre sans préciser comment ils l'ont obtenu. Parmi les réponses, les nombres 177, 169, 170, 185, 260 se trouvent dans les calculs.

La deuxième caractéristique du cadre du ministère de l'Éducation et du développement de la petite enfance du Nouveau-Brunswick permet de reconnaître comment les élèves «modélisent la situation et élaborent une démarche de solution appropriée impliquant le choix des opérations» (MEDPENB, 2012, p. 3). Les procédures des élèves varient selon les contraintes choisies et la façon dont ils organisent ces dernières entre elles pour calculer le nombre de jours.

Ainsi, pour le Groupe A, (un mois à la fois), les élèves ont utilisé une liste systématique associant un nombre de jour d'école à chaque mois, comme l'ont fait, par exemple, ces élèves (en citant la production de l'élève, nous laissons son langage authentique) :

> Élève 1 : Septembre 17 jours Octobre 19 jours novembre 18 jours décembre 14 jours janvier 15 jours février 17 jours mars 14 jours avril 19 jours mai 18 jours juin 14 jours, en indiquant, par la suite, le total obtenu[2] .
>
> Élève 2 : 18+20+17+14+18+17+12+19+18+14=167 repas par année si on n'inclus pas les demie journée...tout les chiffre son asosier avec

[2] Dans tous les exemples de productions d'élève, nous avons laissé l'orthographe des élèves.

des jours dans les mois... Cet élève a écrit une addition en expliquant que chaque terme est associé au nombre de jours d'école par mois.

Les élèves du Groupe B (nombre total de mois) se sont servis du nombre total de mois pour estimer le nombre de jours d'école. Par exemple, un élève a fait une estimation à partir du nombre de jours par mois (30) et du nombre de jours de fins de semaines (8). Il a donc effectué une soustraction.

Élève 3 : Estimation 10 mois x 30 jour=300 jour avec les fins semaines. Eviron 8 jours de fin semaines dans un mois. (30-8=22) maintenant, il y a 22 jours dans un mois

Élève 4 : il a 10 mois dans un année scolaire donc 40 semaine ou 200 jour dans une année scolaire. ' (surlignage fait par l'élève). Ce dernier a basé son estimation sur le nombre de semaines par mois (4) et le nombre de jours par semaine (5).

Les élèves du Groupe C ont choisi le nombre 365 comme contrainte. Ils ont utilisé des procédures assez complexes pour calculer le nombre de jours d'école, sauf un qui a utilisé le nombre 365 comme total, sans distinguer les jours d'école. La procédure ci-dessous montre que les élèves tiennent compte des vacances :

Élève 5 : il y a deux mois de vacances alors sa veut dire 61 jours de vacances. 14 jour pour les vacances de noel et 1 semaine de vacance de mars...7 jour ... alors 1 an, 365 -61=304...

Élève 6 : Dans un an il y a 365 jours et nous avons a peu près 3 mois de vacances, ce qui fait 90 jours. 365-90=275 jours d'écoles

Notons que les élèves de ce groupe ont obtenu comme solution un nombre plus grand que les élèves des autres groupes. En effet, pour le calcul du nombre de repas, les élèves ont utilisé différents nombres-multiplicateurs, selon leur interprétation de la quantité de repas par jour. Ainsi, 14 élèves ont pris 1 repas par jour d'école. Un élève a compté 2 repas par jour. Sept élèves ont compté 3 repas par jour.

> Élève 7 : Il a 177 jour d'école dans 1 ans. 177x3=531 repas par année scolaire Dans une année scolaire il à 531 repas par année.

> Élève 8 : sa fait 181 jour decole en tout alors 181 fois 3 = 543 alors non mangeons 543 repas pendent nos année scolaires.

Finalement, pour calculer le prix pour tous les repas d'une année, tous les élèves qui ont tenté de répondre à cette question ont effectué une multiplication par 4$ ou par 5$ (le prix d'un repas) :

> Élève 9 : Il y a 169 jours qu'on mange a l'école. 169x4,00 Le budjet des parents est 676$ pour un élève.

> Élève 10 : 365-61=304x3=912-147x3=441 912-441=471 on mage environs 471 repas B\ 471x5$=2355$ bugect 2255$

Enfin, tous les élèves ont effectué leurs calculs correctement, sauf un qui ne semble pas remarquer avoir multiplié par 10 deux fois:

> Élève 11 : 2x par jour pendent 10 mois 2 x 10 environ 200 fois

Finalement, nous avons trouvé peu de traces pour juger de l'évaluation de la validation et de la plausibilité de sa solution par l'élève, le quatrième critère décrit par le MEDPENB (2012). Ce regard exige un «pas de côté» de la part des élèves, une «méta-réflexion». C'est ainsi que certains élèves offrent une explication par l'utilisation des expressions «parce que» et «donc». Cette explication est plus près d'une description des opérations choisies:

> Élève 12 : Tu manges envroin 220 repas à l'école. Mais, les jours de fête et les jour avec pas d'école c'est 200 parce qu'il y a environ 3 semaine (15 jour) de fête et environ 5 jours avec par d'école. Donc, tu manges environ 200 repas à l'école

> Élève 13 : Dans un an il y a 365 jours et nous avons a peu près 3 mois de vacances, ce qui fait 90 jours. 365-90=275 jours d'écoles Je manges 3 repas par jours donc: 275x3= 825 repas par jours. Réponse: Je mange environ 825 repas pendant l'année scolaire As: Mon repas coute 4$ 825÷3=275 (seulement les repas que je mange a l'ecole 275x4=1100$ pour mes repas a l'ecole:)

D'autres élèves présentent un jugement critique par rapport à l'énoncé, montrant une forme de méta-réflexion.

> Élève 14 : la question n'est pas tout a fait claire, donc je donne des réponses qui varies : 1. si vous parler des repas qu'on mange a l'école, ce serait 200, car on a 10 mois d'école par année, quatre semaines d'école par mois, et 5 jours par semaine, donc 20 jours par mois x 10. mais si on soustrait la premiere lundi parce qu'on ne vas pas a l'école ce jour la, le journée qu'on manque pour l'action de grace, la journée qu'on manque pour la journée des souvenirs, les deux semaines qu'on manque pour noel, la semaine qu'on manque en mars, ect. ce serai 179 repas.
> 2. si vous voulez dire tous les repas des dix mois, ce serai 10 mois x 30 jours x 3 qui serai 900 repas.

Enfin, un élève présente une démarche structurée dans laquelle le mot «donc» manifeste d'un raisonnement déductif.

> Élève 15 : 1 jour= 3 repas

1 semaine= 15 repas (sans les fin de semaine)

1 mois= 60 repas (sans fin de semaine)
année scolaire= 10 mois
10 x 60= 600 repas
vacances:
Noël= 14 jour= 30 repas
congé de mars= 1 semaine= 15 repas
15+30= 45
45-600= 555 repas
Donc, je mange 555 repas dans une année scolaire.
Pour le AS:
1 repas= 5$
5 x 555= 2 775 $

5. Discussion

Le cadre d'évaluation du ministère de l'Éducation du Nouveau-Brunswick fournit différents critères de réussite en résolution de problème sans toutefois indiquer comment soutenir l'élève dans son apprentissage. Tout comme Fagnant, Marcoux et Vlassis (2013), nous nous questionnons sur la façon d'interpréter la démarche de l'élève pour le guider, apprécier la richesse de sa représentation du problème et de son processus de résolution.

Les caractéristiques des problèmes ouverts identifiées par Arsac, Germaine et Mante (1991) soulèvent l'importance de proposer à l'élève un énoncé qui n'induit ni la méthode, ni la solution. Selon ces auteurs, le fait que le problème se situe dans un domaine conceptuel familier aux élèves pourrait leur permettre de s'engager par des essais, des conjectures, des projets de résolution, des contre exemples. Ce type de problèmes n'est pas dédié à l'apprentissage d'un savoir curriculaire ni à une procédure experte. «De ce fait, il déroute, bouscule les habitudes et oblige les élèves à se détacher des règles habituelles pour faire appel à des procédures de résolution plus personnelles» (Choquet, Georget & Hersant, 2012, p. 6). C'est d'ailleurs ce qu'on observe dans les solutions des élèves qui créent des moyens différents pour déterminer le nombre de jours d'école. Certains élèves partent du nombre de jours par mois; tandis que d'autres estiment le nombre de jours à partir d'un nombre total de mois ou du nombre de jours dans une année, ce qui donne des solutions différentes.

Dans ces conditions, l'étude des productions des élèves selon la créativité développée par ces derniers deviendrait un atout précieux (Bélanger, DeBlois et Freiman, soumis). Il faudra toutefois concevoir la créativité comme un processus, plutôt qu'un produit (Haylock, 1997), et l'appréhender dans sa caractéristique relative plutôt qu'absolue (Levenson, 2011). Situé comme un ensemble d'aller-retour entre représentations d'un problème et procédures (DeBlois, 2003), la créativité se définit comme un ensemble de relations établies en fonction d'un besoin, dans un contexte donné, à partir des expériences de l'élève, des contraintes du problème et des registres en jeu que ce soit des mots, des nombres ou une figure.

L'avantage des problèmes ouverts se situe non pas dans l'obtention de la bonne réponse, mais dans la construction d'un processus de résolution permettant de mobiliser les connaissances mathématiques ou non. En proposant aux élèves des contextes familiers, comme celui du calcul du nombre de repas par année scolaire, on inviterait les élèves «à utiliser leurs connaissances relevant du sens commun et leurs expériences du monde en les combinant avec les connaissances et les outils mathématiques qu'ils ont acquis à l'école pour réussir dans leur démarche de résolution de problèmes» (Fagnant, Demonty & Lejong, 2003, p. 34). On peut parler ici, comme l'a observé Charnay (1988), d'une possibilité pour l'élève non seulement d'agir sur un objet, mais d'élaborer une stratégie ou une procédure pouvant l'amener à se questionner sur une variété d'interprétations et de solutions. Cette recherche du sens serait donc cette valeur ajoutée recherchée.

Les travaux de DeBlois & Squalli (2002) ont montré les conditions de l'utilisation d'une analyse de productions d'élèves pour soutenir la formation des futurs enseignants. Les problèmes et les productions d'élèves du site CAMI offrent une occasion d'analyser l'énoncé (Peltier-Leculée et Sayac, 2004), les changements de cadres (Douady, 1986), le sens accordé par l'élève aux contraintes du problème (Bélanger, 2014) et les stratégies d'autorégulation permettant d'exercer un contrôle sur le processus de la résolution de problèmes (Saboya, 2012).

6. Conclusion

Dans notre article, nous avons présenté une ressource virtuelle élaborée par l'Université de Moncton qui permet aux élèves de résoudre des problèmes sur le site Internet CAMI et de soumettre leur solution électroniquement. Cette base de données devient alors un objet intéressant pour la recherche et pour la formation initiale et continue. Nous avons identifié différentes caractéristiques pouvant nourrir les recherches et les formations à offrir.

Références bibliographiques

Arsac G., Germain G., & Mante, M. (1991). *Problèmes ouverts et situations-problèmes*, Lyon, France : Edition IREM de Lyon.

Bélanger, J.-P. (2014). *L'imagination créative pour interpréter des productions d'élèves en mathématiques de la fin du primaire et du début du secondaire en résolution de problèmes.* Mémoire de maîtrise. Université Laval. Québec.

Bélanger, J.-P., DeBlois, L., & Freiman, V. (2013, soumis). Interpréter la créativité du raisonnement dans les productions d'élèves en mathématiques d'une communauté d'apprentissages multidisciplinaires interactifs. *Éducation et Francophonie* (numéro spécial).

Charnay, R. (1988). Apprendre (par) la résolution de problèmes. *Grand N, 42,* 21-29.

Choquet, C., Georget, J-P., & Hersant, M. (2012). La résolution de problèmes en mathématiques : quelles émancipations possibles ? À quelles conditions ? *Colloque international Formes d'éducation et processus d'émancipation*, 22-24 mai, 2012. Repéré à http://esup.espe-bretagne.fr/colloque_cread_2012/paper_submission/Hersant.pdf

DeBlois, L., Freiman, V., & Rousseau, M. (2007). Les résultats des élèves aux tests internationaux et leur possible influence sur les thèmes de recherche. In P. Marchand (dir.), *Didactique des mathématiques au Québec : genèse et perspectives*. Colloque du Groupe des didacticiens des mathématiques du Québec, 6-8 juin, 2007, Université du Québec à Rimouski. Repéré à http://turing.scedu.umontreal.ca/gdm/documents/ActesGDM2007.pdf

DeBlois L. (2003) Préparer à intervenir auprès des élèves en interprétant leurs productions: une piste… *Éducation et Francophonie, XXXI*(2) 176-199. http://www.acelf.ca/c/revue/pdf/XXXI_2_176.pdf

DeBlois, L., & Squalli, H. (2002). Implications de l'analyse de productions d'élèves dans la formation des maîtres. *Educational Studies in Mathematics*. *50*(2), 212-237.

Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, *32* (1), 5-18.

Douady R. (1986). Jeux de cadre et dialectique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques, 7*(2), 5-31.

d'Entremont, Y. (2003). L'enseignement des mathématiques en milieu minoritaire : La situation albertaine. *Actes du colloque pancanadien sur la recherche en éducation en milieu francophone minoritaire.* Association canadienne d'éducation de langue française. Moncton, N.-B. : Centre de recherche et de développement en éducation.

Fagnant, A, Demonty, I, & Lejong, M. (2003). La résolution de problèmes : un processus complexe de 'modélisation mathématique'. *Informations pédagogiques, 54*, 29-39.

Fagnant, A., Marcoux, G., &. Vlassis, J. (2013). Résolution de problèmes mathématiques et développement de compétences : sur quelles variables agir pour soutenir les élèves dans leur apprentissage ? *Symposium 329 au Colloque AREF (Actualité de la recherche en éducation et en formation).* Montpellier, France. Repéré à

http://www.aref2013.univ-montp2.fr/cod6/?q=content/329-r%C3%A9solution-de-probl%C3%A8mes-math%C3%A9matiques-et-d%C3%A9veloppement-de-comp%C3%A9tences-sur-quelles-variab

Freiman, V., Richard P. R., & Jarvis D. H. (2012). L'enseignement des mathématiques au Nouveau-Brunswick (Secteur Francophone). In J.-L. Dorier & S. Coutat (dir.), *Enseignement des mathématiques et contrat social : Enjeux et défis pour le 21e siècle*, Actes du colloque de L'Espace Mathématique Francophone (EMF2012), Genève, Suisse : Université de Genève.

Freiman, V., Langlais, M., & Vézina, N. (2005a). Le Chantier d'Apprentissages Mathématiques Interactifs (CAMI) accompagne la réforme au Nouveau-Brunswick. *Math VIP : Mathématique virtuelle à l'intention du primaire.* Repéré à http://spip.cslaval.qc.ca/mathvip/

Freiman, V., Vézina, N., & Gandaho, I. (2005b). New Brunswick pre-service teachers communicate with schoolchildren about mathematical problems: CAMI project. *ZDM-International Journal of Mathematics Education, 37*(3), 178-189.

Freiman, V., & Lirette-Pitre, N. (2009). Communauté virtuelle d'apprentissages scientifiques et mathématiques interactifs : pistes de recherches didactiques. (pp. 81-106). Dans F. Larose & A. Jaillet (dir.), *Le numérique dans l'enseignement et la formation. Analyses, traces et usages.* Paris, France : L'Harmattan.

Gouvernement du Nouveau-Brunswick. (GNB, 2002). *Plan d'Apprentissage de Qualité*. NB, Fredericton : GNB.

Gouvernement du Nouveau-Brunswick. (GNB, 2007). *Les enfants au premier plan*. Fredericton : GNB.

Haylock, P. (1997). Recognising Mathematical Creativity in Schoolchildren. *ZDM Mathematics Education, 29*(3), 68-74.

Landry A., & Downey J. (1991). *Excellence en Education.* Commission sur l'excellence in education (rapport). Fredericton, N.-B. : GNB.

Landry, R., Ferrer, C., & Vienneau, R. (2002). (dir). La pédagogie actualisante. Numéro thématique. *Éducation et Francophonie 30*(2). Repéré à http://www.acelf.ca/revue/30-2/index.html

Laplante, B. (2001). Enseigner en milieu minoritaire : histoires d'enseignantes œuvrant dans les écoles fransaskoises. *Revue des sciences de l'éducation 27*(1). Repéré à http://www.erudit.org/revue/rse/2001/v27/n1/000311ar.html

LeBlanc, M., & Freiman, V. (2011). Mathematical and didactical enrichment for pre-service teachers: mentoring online problem solving in the CASMI project. *The Montana Mathematics Enthusiast*, *8* (1 – 2), 291-318.

Levenson, E. (2011). Exploring Collective Mathematical Creativity in Elementary School. *Journal of Creative Behavior, 45*(3), 161-234.

Lewthwaite, B., Stoeber, G., & Rrenaud, R. (2010). Les facteurs qui influencent l'offre des sciences dans les milieux minoritaires francophones. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 7*(4), 317-334.

Manuel, D. (2011). Étude de la créativité mathématique dans les solutions aux problèmes proposés dans la communauté virtuelle CASMI. Dans V. Freiman, A. Roy, & L. Theis (dir.) *Actes du Colloque du Groupe de didactique des mathématiques du Québec*, Moncton, 11-13 juin, 2010, Moncton, N.-B.: Université de Moncton. Repéré à http://turing.scedu.umontreal.ca/gdm/documents/ActesGDM2010.pdf

Manuel, D., Freiman, V., & Bourque, J. (2012). Richesse des problèmes posés et créativité des solutions soumises dans la Communauté d'apprentissages scientifiques et mathématiques interactifs (CASMI). *Éducation francophone en milieu minoritaire, 7*(1), 1-18. Repéré à http://www.reefmm.org/Notrerevue/v7n1manuelfreimanbourque_000.pdf

Ministère de l'éducation et du développement de la petite enfance. (MEDPENB, 2011). *Programme d'études : mathématiques au primaire (maternelle).* Repéré à http://www.gnb.ca/0000/francophone-f.asp

Ministère de l'éducation et du développement de la petite enfance. (MEDPENB, 2012). *Cadre d'évaluation : Mathématiques 5.* http://www.gnb.ca/0000/publications/evalf/math5-cadreevaluation.pdf

Organisation de Coopération et de Développement Économique. (OCDE, 2000, 2003, 2006, 2009). *Programme for International Student Assessment (PISA)*. Repéré à http://www.oecd.org/pisa/

Peltier-Leculée, I., & Sayac N. (2004). Questionner l'énoncé pour résoudre le problème. *Grand N, 74*, 53-65.

Renninger, K.A., & Shumar, W. (2002). Community building with and for teachers: *The Math Forum* as a resource for teacher professional development. In K.A. Renninger & W. Shumar (Eds.), *Building virtual communities: Learning and change in cyberspace (pp. 60-95)*. New York, NY: Cambridge University Press.

Rousseau, M., Freiman, V., Savard, D., & DeBlois, L. (2008). *Les défis de l'enseignement et de l'évaluation des mathématiques chez les élèves francophones vivant en milieu minoritaire : Pistes de réflexion*. CD-Rom des Actes du colloque Espace Mathématique Francophone 2006, thème 7, Sherbrooke, Québec.

Saboya, M. (2012) Analyse d'une didactique d'intervention autour du développement d'une activité de contrôle : stratégies d'enseignement et indicateurs de contrôle chez les élèves du secondaire. EMF 2012, GT-9. Repéré à http://www.emf2012.unige.ch/images/stories/pdf/Actes-EMF2012/Actes-EMF2012-GT9/GT9-pdf/EMF2012GT9SABOYA.pdf

Vézina, N., & Langlais, M. (2002). Résolution de problèmes, communication mathématique et TIC: l'expérience du projet CAMI. *Nouvelles de l'AEFNB, 33*(5), 9-12.