



**Les actions d'accompagnement mises en place par les enseignants en contexte de
résolution de situations-problèmes au deuxième cycle du secondaire**

par Maxime Boivin

**Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue de l'obtention du
grade de Maître ès arts (M.A.) en éducation**

Québec, Canada

RÉSUMÉ

L'arrivée du renouveau pédagogique au début des années 2000 a marqué l'ère de l'évaluation par compétence. Pour la discipline des mathématiques, les enseignants doivent maintenant amener les élèves à développer trois compétences dont deux devant, obligatoirement, faire l'objet d'une évaluation. La première compétence, intitulée résoudre une situation-problème, représente l'un des plus grands changements pour cette discipline. L'activité mathématique de résolution de problèmes qui a toujours été réalisée sous différentes formes, doit maintenant faire l'objet d'une évaluation. De plus, la notion de situations-problèmes vient bonifier le vocabulaire associé aux situations utilisées. Elle vient même marquer l'arrivée d'une nouvelle famille de problèmes en classe, ceux dans lesquels l'élève ne peut pas déployer un raisonnement de manière directe : il doit se heurter à un obstacle et mettre en œuvre des stratégies pour le surmonter. Concrètement, ces situations-problèmes deviennent l'occasion de réinvestir et d'unifier une panoplie de savoirs mathématiques généralement vus de manière isolée.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la problématique de cette recherche. Les situations-problèmes impliquent généralement un jumelage de plusieurs concepts provenant de plusieurs champs des mathématiques. Les élèves peuvent donc résoudre un problème dans lequel ils devront faire appel à des savoirs disciplinaires associés à l'algèbre, à la géométrie et aux statistiques par exemple. Cette activité de liaison représente un défi dans un monde scolaire où l'enseignement des mathématiques s'effectue majoritairement de manière segmentée en enchaînant les chapitres sans faire de retour ou de liens avec ceux vus précédemment.

Cette recherche vient donc questionner les actions qui peuvent être mises en place par l'enseignant afin de venir aider l'élève à solutionner un problème faisant appel à plusieurs savoirs mathématiques. Comment s'y prend-il pour permettre à l'élève d'avancer, sans pour autant lui donner les réponses et l'empêcher de faire preuve de créativité dans la conception d'une démarche de résolution?

Les résultats montrent que les actions mises en place par les enseignants sont variées et peuvent être associées à quatre grandes familles : celles qui sont préalables à l'activité de résolution de problèmes, qui sont liées aux savoirs mathématiques, qui sont liées aux démarches des élèves et qui sont des actions didactiques à visée plus générale. Bien que les possibilités d'actions d'accompagnement pouvant être mises en place par les enseignants soient nombreuses, il n'en demeure pas moins que de façon générale, elles ont toutes la particularité de survenir ponctuellement au moment précis où l'élève éprouve une difficulté dans son problème. L'enseignant vient donc toujours agir en permettant à l'élève de poursuivre sa progression.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
REMERCIEMENTS	vii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 - PROBLÉMATIQUE	4
1.1 La pertinence de la résolution de problèmes en mathématiques	4
1.2 Situations d'application versus situations-problèmes	7
1.3 Les attentes placées sur la situation-problème	11
1.3.1 Le programme des mathématiques au secondaire du PFEQ	11
1.3.2 Le rôle de l'enseignant.....	14
1.3.3 Le rôle des élèves.....	18
1.4 Certaines particularités de l'enseignement des mathématiques	19
1.5 Questions et objectifs de recherche	21
CHAPITRE 2 – CADRE THÉORIQUE	24
2.1 La résolution de problèmes	24
2.1.1 La notion de problème mathématique	25
2.1.2 La particularité des situations-problèmes.....	28
2.2 Le processus de résolution de problèmes	32
2.2.1 La résolution de situations-problèmes	41
2.2.2 Le positionnement attendu de l'enseignant.....	44
2.2.3 L'implication de l'élève.....	47
2.3 L'enseignement des mathématiques	47
2.3.1 Les stratégies d'enseignement en résolution de problèmes.....	48
2.3.2 La notion de concept mathématique.....	54
CHAPITRE 3 – CADRE MÉTHODOLOGIQUE	55
3.1 Type de recherche réalisé	55
3.2 Échantillon	56
3.2.1 Critères recherchés	56
3.2.2 Composition de l'échantillon	57
3.3 Instruments employés pour la collecte de données	58
3.3.1 Entrevue individuelle avec les enseignantes	59
3.3.2 Observation de séances de résolution d'un problème	60
3.3.3 Entrevue avec les élèves.....	61
3.3.4 Analyse des situations-problèmes utilisées	61
3.4 Déroulement des différentes étapes de la collecte de données.....	62
3.5 Démarche d'analyse des données	65

CHAPITRE 4 – PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS.....	68
4.1 Les problèmes utilisés par les enseignantes	68
4.2.1 Problèmes de l'enseignante #1	71
4.2.2 Problèmes de l'enseignante #2	80
4.2.3 Problèmes de l'enseignante #3	88
4.2 Stratégies d'enseignement visant la liaison de différents concepts.....	95
4.3 Contexte de la réalisation de la résolution de problèmes.....	97
4.3.1 Attentes des enseignants par rapport au travail des élèves	98
4.4 Actions d'accompagnement lors de la résolution de problèmes	100
CHAPITRE 5 – INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	114
5.1 Caractéristiques des problèmes utilisés	114
5.2 Actions d'accompagnement	120
5.2.1 Classification des actions d'accompagnement.....	121
5.2.2 Effet des actions d'accompagnement sur la démarche de résolution..	129
CONCLUSION.....	133
BIBLIOGRAPHIE	140
ANNEXE 1 : Guide d'entrevue pour les enseignantes.....	146
ANNEXE 2 : Grille d'observation	148
ANNEXE 3 : Guide d'entrevue avec les élèves (Enseignante #1)	149
ANNEXE 4 : Guide d'entrevue avec les élèves (Enseignante #2)	150
ANNEXE 5 : Guide d'entrevue avec les élèves (Enseignante #3)	151
ANNEXE 6 : Situation-problème (Enseignante #1 : Première observation)	152
ANNEXE 7 : Situation-problème (Enseignante #1 : deuxième observation)	160
ANNEXE 8 : Situation-problème (Enseignante #2 : première observation)	165
ANNEXE 9 : Situation-problème (Enseignante #2 : situation pour l'entrevue)	167
ANNEXE 10 : Situation-problème (Enseignante #3 : première observation).....	171
ANNEXE 11 : Situation-problème (Enseignante #3 : deuxième observation)	175
ANNEXE 12 : Savoirs rencontrés dans chacun des problèmes.....	182
ANNEXE 13 : Approbation éthique	183

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison des processus de résolution de problèmes.....	34
Tableau 2 : Exemples de stratégies (MEQ, 2006).....	36
Tableau 3 : Types d'erreurs	53
Tableau 4 : Présentation des problèmes.....	70
Tableau 5 : Actions d'accompagnement résultantes des entrevues	102
Tableau 6 : Actions d'accompagnement résultantes des observations	105
Tableau 7 : Catégorisation des actions d'accompagnement.....	112
Tableau 8 : Actions d'accompagnement selon leur catégorie.....	123

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Liens entre les différents processus de résolution de problèmes .	38
Figure 2 : La zone proximale de développement.....	46
Figure 3 : Présentation des étapes de la collecte de données	62
Figure 4 : Schéma de la situation-problème : Le camping.....	72
Figure 5 : Schéma de la situation-problème : Enfin la fête	76
Figure 6 : Schéma de la situation-problème : Chasse aux trésors.....	81
Figure 7 : Schéma de la situation-problème : Indiana Jones l'archéologue... 	84
Figure 8 : Schéma de la situation-problème : À la découverte de l'Abitibi	89
Figure 9 : Schéma de la situation-problème : Fouilles de sauvetage	93

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier M^{me} Diane Gauthier qui a agi à titre de directrice de recherche dans la réalisation de ce mémoire de maîtrise. Sans elle, ce projet n'aurait pas vu le jour et ne se serait pas rendu à terme. Merci pour toutes les réflexions, propositions et commentaires qui m'ont permis de mener ce projet jusqu'au bout. Merci d'avoir eu confiance en moi et de m'avoir donné des occasions de bonifier mon expérience dans le domaine de la recherche.

Je remercie également les enseignantes qui ont accepté de participer à cette recherche. Sans votre participation, ce projet ne serait rien. Je leur adresse toute ma reconnaissance de m'avoir ouvert la porte de leur classe et d'avoir partagé leurs pratiques. Je remercie également les élèves de ces enseignantes qui ont accepté de venir discuter « résolution de problèmes » avec moi.

Je remercie tous mes collègues de la maîtrise en éducation et de la Commission scolaire des Rives-du-Saguenay qui m'ont aidé dans ma réflexion grâce aux nombreuses discussions sur la résolution de problèmes et sur la fameuse « compétence 1 ».

Enfin, je remercie ma conjointe Sarah pour son soutien dans ce projet d'envergure. Ta compréhension et ta collaboration quotidienne qui m'ont permis d'y mettre le temps et l'énergie nécessaire. Tes encouragements m'auront permis de garder la motivation de mener ce projet jusqu'à la toute fin.

INTRODUCTION

Au moment où il est question de travail intellectuel en lien avec la discipline des mathématiques, la résolution de problèmes figure généralement en tête de liste. Depuis plusieurs décennies, il a toujours été question de résolution de problèmes dans la classe de mathématiques. La nature des problèmes a cependant bien changé au fil des ans. Lorsqu'il est question de problèmes, la première idée qui vient en tête est généralement celle d'un exercice mathématique à résoudre. Il peut s'agir d'un petit énoncé qui implique de réaliser un ou plusieurs calculs évidents afin d'arriver à une réponse. Ces problèmes sont associés à ce qu'on appelle des problèmes d'applications. Il s'agit du type de problème le plus répandu dans nos classes (Corbeil, Pelletier, & Pallascio, 2001). Dans l'ensemble, la résolution de problèmes occupe une place primordiale dans l'enseignement des mathématiques (Poirier, 2001). Néanmoins, il existe plus d'un type de problèmes. Le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007) est venu introduire un type bien précis : les situations-problèmes. Ces situations, qui n'ont rien à voir avec un simple exercice, demandent de la part de l'enseignant de se positionner comme un médiateur venant faciliter la progression de l'élève (Raynal & Rieunier, 2012). L'élève doit désormais surmonter un obstacle ou réagir à un défi dans une situation où il ne devrait pas avoir accès à la réponse de façon directe. Le rôle de l'enseignant est donc inévitablement modifié.

Le Ministère (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007) exige des enseignants d'évaluer la compétence des élèves à résoudre ces situations-problèmes. Il s'agit de l'une des deux compétences sur lesquelles les enseignants doivent rendre compte de la progression de l'élève. Concrètement, dans un contexte d'évaluation, les situations-problèmes sont utilisées comme des occasions de réinvestir plusieurs savoirs mathématiques dans une

situation contextualisée. Les élèves vont généralement avoir à mettre en œuvre une démarche mobilisant des concepts théoriques appartenant à divers champs des mathématiques (géométrie, algèbre, arithmétique, probabilités, statistiques, ...). La liaison de divers savoirs mathématiques n'est pas une activité routinière en salle de classe. Les élèves semblent voir les différents concepts comme étant des éléments isolés ne pouvant pas être utilisés simultanément alors qu'ils devraient les voir comme des outils qui peuvent être utilisés les uns après les autres selon la situation qui se présente. Les manuels scolaires viennent généralement enrichir cette conception de l'enseignement des mathématiques, puisque les chapitres y sont présentés les uns après les autres sans interdépendance. C'est pourquoi l'un des objectifs de cette recherche est d'abord de documenter les stratégies didactiques utilisées par les enseignants afin d'amener les élèves à effectuer la liaison entre différents concepts mathématiques et qu'ils arrivent à résoudre les situations-problèmes.

Pour résoudre un problème complexe, les élèves doivent faire preuve de créativité dans l'élaboration d'une démarche. La discipline des mathématiques est rarement associée à la démonstration de créativité de la part des élèves (Bélanger, Deblois, & Freiman, 2014). Donc lorsqu'il est question de choisir un ou plusieurs concepts mathématiques parmi tous ceux qui ont été rencontrés préalablement, il est certain que l'activité est déstabilisante pour les élèves. C'est ce constat qui amène le principal objectif de cette recherche : identifier et analyser les actions d'accompagnement mises en place par les enseignants qui permettront aux élèves de résoudre des problèmes mobilisant plusieurs savoirs mathématiques. Ce sont ces actions qui positionneront l'enseignant dans un rôle de médiation par rapport à l'élève.

Pour répondre à ces objectifs de recherche, une méthodologie qualitative, pragmatico-interprétative a été retenue. La recherche interprétative vient se positionner

dans le quotidien des participants et a pour objectif de mieux comprendre leur réalité (Savoie-Zajc, 2011). Trois enseignantes ont participé à la recherche. Elles ont d'abord été interrogées afin d'identifier leurs pratiques permettant d'effectuer la liaison entre différents concepts mathématiques et leur fonctionnement en matière de résolution de problèmes. Deux périodes d'observation en classe, lors de la résolution d'un problème, ont été réalisées pour chacune des enseignantes. Entre ces périodes, des entretiens d'explicitations (Vermersch, 2014) ont été faits auprès des élèves. Ces entretiens ont permis d'obtenir de l'information de la part des élèves sur les situations-problèmes utilisées ainsi que sur les actions d'accompagnement réalisées par les enseignantes. Finalement, l'analyse de tous les problèmes rencontrés a été effectuée afin d'identifier les difficultés récurrentes.

Cette recherche se veut originale grâce à son analyse des problèmes utilisés et des actions d'accompagnement réalisées par les enseignantes. Les problèmes sont analysés pour faire ressortir les étapes à réaliser afin d'arriver à une solution et recenser les obstacles que l'élève devra surmonter. De plus, cette recherche permet d'identifier clairement des actions d'accompagnement mises en place par les enseignantes et l'impact de ces dernières sur le travail de l'élève en corrélation avec les recherches effectuées sur le sujet.

CHAPITRE 1

PROBLÉMATIQUE

La résolution de problèmes est un passage obligatoire de l'enseignement des mathématiques, et ce, peu importe le niveau d'enseignement concerné. Plusieurs élèves ou étudiants redoutent parfois ces occasions, sans pour autant être conscients de la force et de l'éventail de possibilités qu'offrent ces problèmes. Au sens large, la résolution de problèmes peut se définir comme le «passage d'une situation particulière à une situation désirée, à condition que ce passage implique une réorganisation» (Legendre, 2005). Bien que l'idée de résoudre un problème puisse être simpliste à première vue, il en est autrement en réalité où différentes approches, selon différents types de problèmes, peuvent être mobilisées. Prenons exemple sur les situations-problèmes qui se doivent de présenter un défi à surmonter pour l'élève, tout en conservant un rapport avec l'apprentissage (Legendre, 2005).

1.1 La pertinence de la résolution de problèmes en mathématiques

Il est plus qu'évident que la résolution de problèmes occupe une place importante dans l'enseignement des mathématiques. En fait, selon Poirier (2001), pour pouvoir construire de nouvelles connaissances, il faut remettre en question les savoirs acquis. C'est avec la résolution de problèmes qu'il est possible de concrétiser la construction de ces nouvelles connaissances. Schoenfeld (2013) lance la question suivante : est-ce que l'activité mathématique est une activité impliquant des raisonnements logiques, utilisant des règles formelles et des régularités qu'il a été possible de comprendre au fur et à mesure de l'évolution de cette discipline ou encore est-ce simplement maîtriser et appliquer des procédures développées par quelqu'un d'autre? Il faut bien entendu opter pour la première

proposition, soit celle où le contexte dans lequel l'apprentissage et la compréhension des mathématiques peuvent être perçus comme une résolution de problèmes en soi (Reiss, M. Lindmeier, Barchfeld, & Beate, 2013). C'est pourquoi la place qu'occupe la résolution de problèmes dans le domaine des mathématiques est déjà gagnée, mais il est justifié de se questionner quant à savoir s'il en est de même dans le milieu scolaire.

En ce qui concerne la discipline des mathématiques, le programme de formation de l'école québécoise (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007) divise l'apprentissage ou la maîtrise de chaque discipline académique en compétences. Pour le domaine des mathématiques, trois compétences sont visées : résoudre une situation-problème, déployer un raisonnement mathématique et communiquer à l'aide d'un langage mathématique. Il est évident que ces compétences peuvent être, et sont majoritairement, employées simultanément dans une multitude de situations rencontrées par les élèves. Ce travail de recherche sera axé principalement vers la première compétence qui est liée à la résolution de problèmes en raison de son lien direct avec le sujet.

Lorsque l'accent est mis sur la compétence liée à la résolution de problèmes, le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) place dans ses grandes lignes directrices une importance accrue à une participation de l'élève dans son apprentissage en étant «engagé activement» (MELS, 2007). Dans le même document, Le Ministère associe les bases du programme aux grandes théories de l'apprentissage du cognitivisme, du constructivisme et du socioconstructivisme. Ce changement de perspective, dans laquelle le fait d'apprendre prime maintenant sur le fait d'enseigner, où l'«activité [de l'apprenant] est privilégiée par rapport à la prestation de l'enseignant,» modifie inévitablement le rôle de l'enseignant (Altet, 2013, p.4). Ce dernier est maintenant présenté comme un médiateur,

qui est un positionnement généralement associé plus fortement au constructivisme ou au socioconstructivisme (Vienneau, 2017). La médiation est ce qui constitue l'action du médiateur et il s'agit de l'«ensemble des aides qu'une personne peut offrir à une autre personne en vue de lui rendre plus accessible un savoir quelconque» (Raynal & Rieunier, 2012, p.314).

Les rôles que peut avoir la résolution de problèmes sur l'apprentissage des élèves en mathématiques sont multiples (Freiman & Savard, 2014). En considérant que la résolution de problèmes est au cœur du travail des mathématiciens, il est normal qu'elle constitue une compétence importante à développer en mathématiques (Poirier, 2001). Qui plus est, le 21^e siècle marque un changement dans le rôle attribué à la résolution de problèmes. L'accent n'est plus uniquement mis sur les connaissances elles-mêmes, mais est maintenant positionné sur les processus mathématiques mobilisés pour arriver à une solution (Lajoie & Bednarz, 2014b). De plus, la résolution de problèmes représente un enjeu dans l'enseignement des mathématiques à travers le monde. Bien que la résolution de problèmes soit abordée dans plusieurs recherches, il est désolant d'apercevoir plusieurs zones grises quant aux défis que pose la résolution de problèmes dans l'enseignement des mathématiques.

Étant donné la place occupée par la résolution de problèmes dans l'activité mathématique, l'enseignant de cette discipline devrait accorder une place considérable à cette pratique dans son enseignement, ce qui n'est pas toujours facile à réaliser (Bair, Haesbroeck, & Haesbroeck, 2000). D'autant que l'enseignant de mathématique est généralement plus confortable dans un transfert de connaissances. Le transfert de connaissances place l'enseignant dans une situation où le risque de se faire poser une

question, à laquelle il n'est pas en mesure de répondre, est minime. Ces questions inédites sont un incontournable lorsque les élèves font face à la résolution d'un problème complexe. Avec l'arrivée de la compétence « résoudre une situation-problème » (MEQ, 2001), quelques auteurs québécois (Corbeil *et al.*, 2001; Lajoie & Bednarz, 2012; Pallascio, 2005; Poirier, 2001) se sont mis à aborder la situation-problème, ses caractéristiques et des approches à privilégier.

Au vu des éléments présentés, la résolution de problèmes semble être devenue un incontournable dans la classe de mathématique. Cependant, les différentes attentes du Ministère et les multiples définitions possibles du mot « problème » peuvent amener une confusion dans la salle de classe.

1.2 Situations d'application versus situations-problèmes

Avant de comprendre où se situe le questionnement de cette recherche plus précisément, il semble nécessaire d'aborder une distinction importante : deux types de problèmes semblent s'opposer à première vue : les problèmes d'application et les situations-problèmes (Corbeil *et al.*, 2001; Pallascio, 2005). En dépit du fait que la résolution de problèmes ne soit pas un concept nouveau, le concept de situation-problème, tel qu'utilisé aujourd'hui, aurait fait son apparition dans le programme du Ministère à partir des années 2000. Au début du 20^e siècle et pour la majorité des années suivantes, la résolution de problèmes a fait appel presque uniquement à des problèmes d'application. C'est dans la période des années 2000 qu'apparaît vraiment la notion de situation-problème (Lajoie & Bednarz, 2014a). Elle se différencie du terme « problème » par son niveau de complexité. Il lui faudra tout de même quelques années avant de bien comprendre la nuance entre les

problèmes réguliers, comme ceux d'application, et les situations-problèmes. Les caractéristiques qui sont données à une situation-problème sont, à ce moment-là, énoncées à partir de nuances des autres types de problèmes connus : elles n'ont pas de définition propre, mais une idée générale est perceptible. Ces situations complexes ne doivent pas être une occasion d'application d'une procédure précise, elles doivent déclencher chez l'élève un processus de recherche et elles doivent être contextualisées. Les mêmes auteurs soulignent le fait que pour le Ministère, l'accent est mis dans son nouveau programme (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007) sur l'importance de choisir des problèmes contextualisés. Un accent est aussi mis sur la nécessité pour l'élève de relever un défi en se heurtant à un obstacle à franchir. Tel que mentionné dans des recherches antérieures, les savoirs se construisent et prennent du sens pour les élèves à travers des occasions d'applications et de résolution de problèmes complexes (Descaves, 1992; Vergnaud, 1990). C'est pourquoi il est possible, de façon générale, de distinguer deux grandes familles de problèmes (bien qu'il y en ait d'autres) : les problèmes d'application et les situations-problèmes.

Les problèmes d'application sont probablement ceux qui sont les plus utilisés actuellement dans nos écoles. Il s'agit d'occasions de reproduire une procédure préalablement rencontrée ou présentée (Corbeil *et al.*, 2001). Les problèmes sont idéalement situés à la fin d'une séquence d'enseignement et ont pour but de valider la compréhension des élèves. Un exemple simple d'un problème d'application inspiré de Poirier (2001) serait de demander à des élèves de niveau primaire de résoudre l'équation «94-15» après leur avoir enseigné la soustraction avec emprunt. Les élèves n'auraient qu'à réappliquer l'algorithme de soustraction qu'ils auraient appris dans les cours précédents. Les situations-problèmes sont, quant à elles, des occasions de productions de nouveaux savoirs, de développement de nouveaux outils mathématiques, ou encore de construction

d'une pensée critique et d'une démarche de validation (Corbeil *et al.*, 2001; Pallascio, 2005; Poirier, 2001). Elles devraient préférablement être situées en début de séquence afin d'amener les élèves à faire un premier contact, ou encore l'amener à découvrir le contenu notionnel qui suivra (Corbeil *et al.*, 2001; Pallascio, 2005). Les situations-problèmes serviraient donc d'introduction à un savoir qui n'a pas été encore abordé par les élèves en les amenant vers la découverte à l'aide d'une situation contextualisée. Dans la même lignée que l'exemple présenté plus tôt, il pourrait s'agir de demander à des élèves de résoudre l'équation «94-15» sans leur avoir préalablement enseigné la soustraction avec emprunt (Poirier, 2001). Devant cette situation, les élèves devraient chercher une façon de résoudre cette équation alors qu'ils n'ont pas, au départ, encore appris l'algorithme de la soustraction avec emprunt.

Un problème présenté aux élèves peut donc être une situation-problème pour certains, mais un problème d'application pour d'autres. Cette nuance varie selon s'ils disposent déjà de la procédure nécessaire pour résoudre la tâche demandée ou encore des connaissances acquises de chaque élève (Reiss *et al.*, 2013; Vienneau, 2017). Cette idée est en adéquation avec le concept de « zone proximale de développement » de Vygotski (1985). Cette zone se trouve à être l'espace mental de l'élève dans lequel un nouvel apprentissage est possible en collaboration avec quelqu'un. Dans ce contexte, l'apprentissage peut être possible avec l'intervention de l'enseignant qui agira comme médiateur. La zone proximale de développement peut être différentes d'un individu à l'autre, et ce, même s'ils ont le même âge mental. Cette notion d'espace idéal est directement liée à l'idée de l'obstacle à surmonter lors de la résolution d'une situation-problème. Dans certains cas, ce sont les connaissances à mobiliser pour résoudre le problème ou encore la capacité de créer des liens entre les savoirs qui constitue l'obstacle aux yeux de l'élève et

qui permet à la situation-problème de gagner en complexité. Ce genre de situation n'a pas à être une grande problématique, il faut seulement qu'elle soit une situation présentant un ou plusieurs obstacles à franchir et qui permet aux élèves de faire des apprentissages. Dans l'exemple utilisé ci-haut : «94-15», la tâche demandée est minime, pourtant sans avoir les connaissances pour y parvenir, cette tâche peut demander beaucoup de temps et d'investissement pour les élèves. Il est nécessaire de préciser que la complexité d'un problème n'est pas directement proportionnelle avec la taille de l'énoncé ou encore le temps qui a été mis à le concevoir.

Une telle présentation des différences entre deux familles de problème laisse croire que les problèmes d'application ne présentent pas d'occasion d'acquérir de nouvelles connaissances : il ne faut pas se laisser berner. Vergnaud (1990), et sa théorie des champs conceptuels, mentionne que « toutes nos conduites comportent une part d'automatisme et une part de décision consciente » (Vergnaud, 1990, p.138). La résolution de situations-problèmes comprend donc elle aussi une part d'applications. Après avoir réussi à surmonter l'obstacle du problème, l'élément qui le distingue d'un problème d'application, l'élève fera appel à ses connaissances pour résoudre ce dernier et c'est à ce moment-là qu'une part d'application de procédures déjà apprises sera mobilisée. L'obstacle du problème est ce qui constitue pour l'élève le mur ou la difficulté à surmonter, c'est ce qui rend le problème complexe. La force et l'efficacité résident alors dans le dosage de celle-ci en lien avec les capacités des élèves. Ce qu'il faut bien comprendre, c'est que la résolution de situations-problèmes ne demande pas d'effectuer une simple opération et de trouver un résultat. Il faut que l'élève se pose de véritables questions (Descaves, 1992). Cette activité mathématique demande à l'élève de franchir une difficulté et de trouver une solution (Reiss et *al.*, 2013). La construction de compétences demande à l'apprenant de pouvoir mobiliser les savoirs et

savoir-faire pertinents dans une situation-problème qui ne dit pas d'avance quels savoirs sont nécessaires (Altet, 2013). C'est donc pourquoi les situations-problèmes sont potentiellement plus porteuses de difficultés que les situations d'application, mais en même temps plus porteuses de connaissances.

1.3 Les attentes placées sur la situation-problème

Lorsque l'accent est placé sur les situations-problèmes, il devient rapidement limpide que ces dernières ont des caractéristiques bien précises. Certaines de ces caractéristiques peuvent être trouvées dans le programme du Ministère et vont probablement constituer un défi pour un enseignant désireux d'en faire la pratique. Ces défis se manifestent de différentes façons, que ce soit directement dans la présentation de la compétence « résoudre une situation-problème » faite par le Ministère dans son programme (MELS, 2007), par le travail à accomplir par l'enseignant ou encore à travers la tâche demandée à l'élève.

1.3.1 Le programme des mathématiques au secondaire du PFEQ

Dans un premier temps, le programme de formation présente une vue d'ensemble de ce qui est attendu. La distinction faite entre les problèmes d'application et les situations-problèmes telles que présentée plus tôt est bien perceptible dans celui-ci. Les attentes du Ministère de l'Éducation sont de permettre à l'élève de construire une stratégie efficace. Ce dernier doit être capable de faire appel aux concepts mathématiques dont il a besoin pour la situation. Il serait acceptable de voir apparaître dans la solution quelques fautes mineures telles que des erreurs de calcul ou des imprécisions (MELS, 2009). Il est donc nécessaire d'accepter qu'en résolution de problèmes, la procédure soit plus importante que la réponse.

Le Ministère précise aussi dans le programme (MELS, 2007) que la résolution de situations-problèmes repose sur une démarche axée sur la découverte. Toujours selon ce dernier, « [la situation problème] permet de construire des objets mathématiques, de leur donner du sens, de mobiliser des savoirs connus, de développer des stratégies et de mettre en œuvre diverses attitudes liées notamment à la confiance en soi et à l'autonomie » (MELS, 2007, p.19). Cette autonomie chez l'élève est importante puisque celui-ci ne peut pas travailler dans une démarche de découverte et remettre en question ses stratégies s'il est trop guidé par l'enseignant. Le maître se doit donc d'agir comme un accompagnateur ou un médiateur face à l'élève dans cette tâche plutôt que comme un transmetteur se contentant de présenter magistralement les savoirs à apprendre (Legendre, 2005; Pallascio, 2005). Ce rôle d'accompagnateur est essentiel pour entrer dans une pratique en accord avec les visées du programme et les grandes lignes du courant constructiviste (MELS, 2007; MEQ, 2006; Vienneau, 2017).

Pour avoir la force et la détermination de s'engager dans cette tâche ardue, l'élève doit être intéressé par celle-ci. C'est ce qui justifie l'importance d'employer des situations contextualisées à caractère réel présentant un défi. L'intérêt et la valeur accordés à une activité par un élève augmentent lorsque les tâches demandées sont complexes et variées (Bousadra, 2013). Les situations-problèmes présentent des occasions simples pour l'enseignant de faire développer à ses élèves des compétences transversales ou encore de les faire travailler sur des problèmes directement reliés aux domaines généraux de formation, présents aux deux cycles du secondaire (MEQ, 2006; MELS, 2007). Elles peuvent aussi servir d'occasions pour développer la culture générale des élèves et elles favorisent les liens entre les matières scolaires (Bair *et al.*, 2000). Elles permettent de jumeler plusieurs contenus provenant de plusieurs domaines des mathématiques à

l'intérieur d'un même problème (Gauthier & Larouche, 2014). Un exemple pourrait être un problème regroupant des notions de statistiques avec des notions d'algèbre, des notions d'optimisation avec de la géométrie ou encore toutes ces notions ensemble. Il s'agit alors de cas particuliers de situations-problèmes présentant une tâche complexe dans laquelle l'élève doit effectuer des liens entre différents savoirs mathématiques qu'il a rencontrés de façon disparate. Les situations-problèmes telles que présentées et attendues par le Ministère de l'Éducation semblent donc être des occasions riches en création. Pourtant, la discipline des mathématiques n'est généralement pas perçue comme étant un univers permettant le développement d'une quelconque créativité (Bélanger *et al.*, 2014). Les situations-problèmes amènent donc une nouvelle perspective aux mathématiques en permettant l'élaboration de nouveaux savoirs ou encore de stratégies de résolution de problèmes.

Toutes ces caractéristiques présentent une idée globale de ce qu'est la résolution de situations-problèmes. Cependant, lorsqu'il est question des attentes précises qui sont visées par le programme, un certain flou peut être perçu. Le Ministère lui-même contribue à cette incertitude qui règne autour de la résolution de situations-problèmes. Effectivement, les auteures Lajoie et Bednarz (2014b) mettent d'avant l'inexistence de conseils clairement présentés. En fait, un enseignant désireux de savoir ce que le programme suggère comme approche doit réaliser une lecture approfondie afin de pouvoir déduire certains éléments. De plus, les conseils trouvés s'avèreront certainement très généraux. L'intention des auteurs du Ministère pouvait être de laisser une certaine liberté professionnelle aux enseignants, mais étant donné le peu de formation continue offerte à ce sujet, ces derniers ne peuvent faire autrement qu'aborder la résolution de situations-problèmes dans un contexte plus ou moins clair pour eux, surtout lorsqu'il est question d'évaluation. Il faut

ajouter à cela le fait que la compétence « résoudre une situation-problème », est une compétence qui n'est pas évaluée sous une même forme partout à travers le Québec, puisque c'est uniquement la deuxième compétence, liée au déploiement d'un raisonnement, qui fait l'objet d'une épreuve unique en quatrième secondaire.

1.3.2 Le rôle de l'enseignant

De Vecchi (2001) met de l'avant la possibilité pour certains enseignants de se retrouver démunis devant les difficultés ou l'échec éprouvé par certains élèves dans différentes situations d'apprentissage. Bien que leurs actions soient menées par une bonne volonté, ils peuvent avoir ainsi tendance à proposer des activités plus faciles, expliquer davantage le contenu, montrer explicitement la démarche à suivre ou réaliser une tâche à la place d'un jeune. Ces actions peuvent avoir des effets néfastes lors de la résolution d'une situation-problème.

De plus, l'arrivée du PFEQ (MEQ, 2001) a présenté la créativité comme une composante essentielle de la pensée mathématique (Bélanger et *al.*, 2014). Selon Legendre (2005), la créativité est la «capacité de l'individu à faire quelque chose, à créer, à produire des idées neuves et réalisables, à combiner et à réorganiser des éléments » (p.309). Les problèmes mathématiques complexes deviennent donc l'occasion idéale pour la mobilisation de cette créativité puisque l'élève doit concevoir lui-même une procédure afin d'arriver à un résultat plausible. La notion de créativité, bien qu'elle ait des bienfaits évidents, présente pour l'enseignant une augmentation considérable de la tâche de correction. Cette dernière peut paraître colossale si l'on considère que plusieurs élèves peuvent employer des chemins différents pour arriver à une même réponse, ou encore à une multitude de

réponses. Les difficultés résident évidemment dans le fait que ce type de problème n'a pas de procédure de résolution claire et précise, mais aussi dans le fait que les élèves ne prendront pas nécessairement le chemin qui semble le plus facile (Nesher, Hershkovitz, & Novotna, 2003). Il n'y a pas que la correction qui peut devenir difficile à gérer, l'accompagnement de l'enseignant peut aussi être une problématique, puisqu'il doit peser ses interventions afin de laisser l'élève s'investir lui-même dans le travail. Giroux (2006) précise que certains enseignants vont chercher à découper la tâche afin d'atténuer la difficulté en présentant plusieurs petites étapes à franchir. Il faut considérer qu'une résolution appuyée davantage sur l'application d'une technique ou d'une procédure ne présente pas de nouveaux défis contrairement à une résolution appuyée par un raisonnement mathématique.

L'enseignant doit trouver le parfait degré d'interventions, c'est-à-dire quelle liberté est-il prêt à laisser à l'élève et à quel moment entrera-t-il en jeu afin de l'aider? Ce choix doit être fait dans le but de permettre la mobilisation de la créativité chez l'élève sans pour autant l'amener à se retrouver devant un mur qui lui semble insurmontable, ce qui aurait pour effet de le faire abandonner. Pour ajouter à cette difficulté, il faut considérer que ce degré d'interventions optimal ne sera certainement pas le même pour tous les élèves d'un même groupe-classe. Plus tôt dans le processus, l'enseignant devra planifier ces situations. Sans avoir besoin de construire la totalité des situations utilisées, il devra tout de même sélectionner une situation adaptée au niveau de difficulté de ses élèves afin qu'elle représente un défi et qu'elle leur donne l'occasion de développer leurs habiletés en mathématique.

Dans le même ordre d'idée, les résultats de deux études combinées et présentées par Demonty et Fagnant (2014) permettent de comprendre que les interventions des enseignants durant la résolution de problèmes ne sont pas toujours les plus efficaces. Il semble que plusieurs enseignants auraient tendance à diverses étapes du processus de résolution, soit lors de l'énoncé en groupe ou encore durant la phase de travail individuel, à orienter les élèves vers certaines procédures ou stratégies sans pour autant leur expliquer le raisonnement sous-tendu par ce choix. En se basant sur les différents types de problèmes présentés plus tôt, il en revient donc à dire que ces enseignants, en voulant aider les élèves, peuvent restreindre l'intention pédagogique prévue et transformer une situation-problème en une simple situation d'application. Toujours dans cette étude, des cas où les enseignants orientaient les élèves dans une direction précise lors de la correction d'un problème afin de suivre les étapes de la démarche de l'enseignant ont été dénotés. Ce qui revient donc à limiter le raisonnement des élèves et à atténuer fortement les biens-faits du travail de découverte de la résolution de situations-problèmes.

Une autre recherche réalisée par Cooper et Arcavi (2013) auprès d'enseignants et de mathématiciens, abordant l'analyse de problèmes mathématiques, a fait ressortir un aspect intéressant. Alors que le but initial des chercheurs était de faire travailler de pair les deux groupes afin de décomposer les problèmes mathématiques en éléments susceptibles de faciliter l'approche en classe, les enseignants ont fait comprendre que ce qui leur serait réellement pertinent de la part des mathématiciens, serait des problèmes « clé en main » prêts à être utilisés en classe le lendemain. Il semble donc que face à des situations-problèmes, les enseignants peuvent sembler démunis par rapport aux méthodes idéales à utiliser et pourraient ainsi, sans le savoir, changer l'intention visée par cette même situation.

Quelques enseignants, afin de faciliter autant la correction que l'accompagnement, vont suggérer (imposer dans certains cas) une technique de résolution de problème précise. Celle-ci peut s'avérer pratique dans les premiers niveaux scolaires, mais pourrait éventuellement s'avérer une béquille pour les niveaux suivants. Certains manuels scolaires, conçus spécifiquement pour se coller à la réforme des programmes, proposent un canevas d'étapes à faire remplir par les élèves au cours de l'activité de résolution de problèmes. Même si l'enseignant n'a pas l'obligation d'employer les stratégies présentes dans les manuels; il demeure tout de même celui qui prend les décisions et peut néanmoins se laisser influencer. Dans la thèse de Côté (2015), les enjeux de l'imposition d'une procédure sont mis en évidence. Dans l'une des dyades analysées, l'aspect technique et procédural a pris le dessus sur les intentions didactiques. Cette observation a été faite en l'absence de questionnement des élèves sur leur propre raisonnement face au problème. En imposant une démarche de résolution de problème, l'enseignante participant à l'étude amène l'élève à devoir se concentrer sur deux aspects. L'élève se retrouve donc à devoir gérer des contraintes émanant de deux sources différentes : les étapes de la résolution de problème et la résolution du problème lui-même (DeBlois, 2011). Devant une tâche complexe pour un élève, ce dernier se centrera sur le respect d'étapes précises plutôt que sur les concepts mathématiques mobilisés par le problème; ce qui aura pour effet de freiner sa compréhension (Côté, 2015). Il devient donc justifié de se questionner quant à savoir si cette pratique, l'imposition d'une démarche précise par l'enseignant, est autant bénéfique pour l'élève qu'elle l'est pour l'enseignant.

1.3.3 Le rôle des élèves

La manifestation d'une forme d'autonomie chez l'élève est une notion qui revient fréquemment en résolution de situations-problèmes. Il doit se lancer dans une démarche de découverte et pouvoir remettre lui-même en question les stratégies qu'il utilise. C'est donc dire que les problèmes complexes permettent de développer chez l'élève des capacités de réflexion et d'autorégulation des apprentissages (Vienneau, 2017). Dans les éléments présentés dans le programme (MELS, 2007), il est question de l'importance de voir l'élève valider sa solution et rectifier les lacunes au besoin. Ces éléments impliquent que l'élève effectue un travail individuel dans lequel il doit lui-même trouver le chemin nécessaire à la résolution de la tâche. Pourtant, les résultats de la recherche de Labelle (2008) montrent que les élèves ont une tendance à vouloir reproduire les démarches ou les procédures qu'ils ont rencontrées en classe. Cette même recherche permet de comprendre qu'il est tout de même important pour l'élève de faire l'apprentissage de procédure afin d'avoir une base solide sur laquelle s'appuyer. Cependant, l'auteure remarque que lorsque les élèves sont confrontés à des problèmes pour lesquels ils n'ont pas de procédures précises à mobiliser, ils ne disposent d'aucun repère et ont donc du mal à initier une démarche. C'est pourquoi elle mentionne que l'élève doit nécessairement finir par être exposé à des problèmes qui lui font réaliser les limites du modèle qu'il a rencontré en classe.

Les élèves, lorsqu'engagés dans le processus de résolution de problèmes, peuvent rencontrer plusieurs difficultés. En fait, leur simple compréhension de l'énoncé du problème dépend de plusieurs facteurs selon Descaves (1992). Ces facteurs sont les connaissances pragmatiques, leur connaissance du monde, les compétences linguistiques, les capacités perspectives, la capacité à attribuer un sens, la capacité à se représenter le problème, les

compétences logiques, etc. D'autres facteurs comme la nécessité de hiérarchiser les étapes nécessaires à la résolution d'un problème entrent aussi en jeu. La sémiotique est elle aussi un élément à considérer. Les élèves peuvent manifester des niveaux de compréhension variés de différents savoirs ou outils mathématiques ce qui aura inévitablement une répercussion sur leur capacité à résoudre un problème (Sáenz-Ludlow & Kadunz, 2016). En ce qui a trait aux compétences linguistiques, elles sont un facteur important lors de cette activité mathématiques (Freiman & Savard, 2014). Les difficultés en lecture des élèves peuvent les amener à échouer dans le processus de résolution de problèmes avant même d'avoir entrepris une quelconque démarche mathématique.

En considérant tous les éléments qui viennent d'être présentés, il devient plus que pertinent de s'interroger sur les pratiques qui sont réellement efficaces en situation de résolution de problème sur le travail des élèves. Le manque de directives claires dans les attentes du Ministère (Lajoie & Bednarz, 2014b) et les différentes pratiques s'offrant aux enseignants créent différentes interprétations et différentes pratiques qui n'ont pas toutes les mêmes effets sur les élèves. Il serait alors pertinent de pouvoir identifier des stratégies d'enseignement qui permettent aux élèves de progresser lors de la résolution de problèmes complexes tout en les laissant mobiliser une certaine créativité.

1.4 Certaines particularités de l'enseignement des mathématiques

Une particularité du programme de mathématique peut éventuellement nuire à la résolution de situations-problèmes. L'enseignement segmenté des savoirs mathématiques n'aide pas les élèves à se représenter des liens entre les concepts enseignés. Par enseignement segmenté, il est question de la division qui est faite avec les contenus

notionnels à faire apprendre. La progression des apprentissages en mathématique (MEES, 2016) est elle-même conçue de sorte que les savoirs sont segmentés en grands thèmes : arithmétique, algèbre, probabilités, etc. Prenons exemple sur les manuels scolaires récents, adaptés pour la réforme, qui offrent une division par chapitre traitant chacun individuellement de certains savoirs mathématiques. Une fois un chapitre terminé, il n'existe pas toujours de lien avec le chapitre suivant. C'est pourquoi, face à un problème jumelant diverses branches des mathématiques, si l'élève n'a pas été habitué à voir les mathématiques comme un tout, il aura de la difficulté à passer des statistiques à la géométrie, pour solutionner un seul et même problème. Dans ce contexte, l'obstacle à franchir, ce qui attribue la dénomination « situation-problème » à la tâche demandée, est le simple fait de lier entre eux plusieurs savoirs mathématiques. Schmeisser, Krauss, Bruckmaier, Ufer et Blum (2013) soutiennent que les croyances de l'enseignant sur le fonctionnement de la classe et les interactions dans celle-ci ont un effet direct sur les croyances des élèves. Il en revient donc à dire que des élèves qui ont toujours vu les mathématiques abordées comme une succession de chapitres distincts et sans liens entre eux auront obligatoirement du mal à lier entre eux les différentes notions rencontrées au cours d'une année scolaire. Les élèves se retrouvant devant un problème complexe, dans laquelle il faut employer plusieurs savoirs disciplinaires, n'arriveront donc pas à concevoir une stratégie efficace, puisque pour eux, aucun savoir mathématique pris individuellement ne permet de trouver une réponse à la tâche demandée.

Au Québec, depuis la réforme, l'évaluation se fait par compétences (MELS, 2007; MEQ, 2006). De Vecchi (2001, p.50) précise que

Les compétences ne sont donc pas des connaissances, des savoir-faire ou des savoir-être, mais utilisent, mobilisent certains de ces savoirs, savoir-faire et savoir-être. Avoir acquis une compétence, c'est donc savoir l'utiliser quand on en a besoin (sans que le maître soit obligé de préciser qu'il faut la mettre en œuvre) (p.50).

La recherche doctorale de Bousadra (2013) amène le fait que les savoirs abordés dans un contexte d'évaluation par compétences sont considérés comme étant quelque chose qu'il suffit de lire dans un texte. L'accent qui était auparavant situé sur les connaissances tend maintenant à disparaître. Une telle approche était davantage en adéquation avec une vision transmissive de l'enseignement qu'une vision constructiviste. Un enseignant, quel que soit son niveau d'enseignement, pourrait ne pas démontrer d'intérêt face à un raisonnement d'élève allant au-delà des standards établis pour une compétence précise. Un élève désireux d'aller plus loin se verrait à ce moment-là freiner dans sa lancée puisqu'elle serait considérée comme inutile. Cette idée est en adéquation avec les propos de Schoenfeld (2013) pour qui les mathématiques à l'époque actuelle sont expérimentées par les élèves en mode «transmissif» alors qu'elles pourraient être expérimentées comme étant une construction de sens.

1.5 Questions et objectifs de recherche

Nul doute que l'activité de résolution de problèmes occupe une place importante au cœur du programme des mathématiques (MELS, 2007). Les situations-problèmes peuvent faire appel à un ou plusieurs savoirs mathématiques. Il est important de voir les élèves apprendre à réfléchir mathématiquement ainsi que de les voir maîtriser les contenus mathématiques pertinents (Schoenfeld, 2004). Les attentes du programme de formation de l'école québécoise par rapport à la résolution de problèmes sont plus ou moins claires (Lajoie & Bednarz, 2014b). Il laisse beaucoup d'espace à l'enseignant qui peut ne pas avoir reçu la formation nécessaire pour agir de façon avisée face à la compétence : résoudre une situation-problème. Pourtant, les bienfaits de la résolution de problèmes dans l'apprentissage des mathématiques sont évidents. Il faut donc s'interroger à savoir comment

nous pouvons aider nos élèves à s'épanouir pleinement dans ces occasions de se familiariser avec des situations complexes et concrètes. En considérant la possibilité de voir l'enseignant faire des interventions venant éclipser l'intention éducative initiale d'une situation d'enseignement-apprentissage (Demonty & Fagnant, 2014), le désir de certains enseignants d'employer des situations-problèmes prêtes à être utilisées avec un minimum d'efforts (Cooper & Arcavi, 2013), et la tendance des élèves à s'orienter vers les procédures suggérées en classe (Labelle, 2008), il devient plus que pertinent de chercher à identifier des interventions efficaces sur le travail des élèves en situation de résolution de problèmes.

Dans le cadre de cette recherche, il sera davantage question de situations-problèmes demandant aux élèves de créer des liens entre plusieurs savoirs mathématiques. De telles situations permettent à l'élève de concevoir les mathématiques comme un coffre à outils dans lequel il peut utiliser un ou plusieurs outils à la fois afin d'arriver à ses fins. Il est intéressant d'analyser de quelles façons les enseignants vont procéder avec ces problèmes pour favoriser la création de liens entre les savoirs, considérant que les élèves n'y sont pas habitués et en raison de l'enseignement segmenté des mathématiques. Il sera donc important de voir la façon dont l'enseignant met en place des liens entre les savoirs dans son enseignement au cours de l'année scolaire hors du contexte de résolution de problèmes. Ces questionnements s'insèrent dans un contexte où il est intéressant de constater si la philosophie du programme (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007) a été respectée sur le terrain.

Dans cet ordre d'idée, les questions de recherche sont les suivantes :

- Quelles sont les stratégies didactiques mises en place par l'enseignant pour favoriser la création de liens entre différents concepts mathématiques dans son enseignement?
- De quelles façons l'enseignant accompagne-t-il les élèves dans les situations-problèmes faisant appels à plusieurs savoirs mathématiques?

Devant ce questionnement, les objectifs de recherche seront alors, dans un premier temps, d'identifier les actions d'accompagnement utilisées par l'enseignant pour créer des liens entre les concepts mathématiques. Il s'agira ensuite de faire émerger et de documenter, dans le but de les analyser, les éléments mis de l'avant par l'enseignant lors de la résolution de situations-problèmes, appelant à plusieurs savoirs mathématiques, qui permettent aux élèves d'évoluer. L'intention n'est pas de critiquer les stratégies déployées par les enseignants, mais de pouvoir identifier des interventions, des choix ou des décisions qui permettent à l'élève de progresser.

Bien que ces questions présentent l'intérêt principal de cette recherche, d'autres questions de second plan seront obligatoirement abordées. Il faudra savoir dans un premier temps si la résolution de problèmes, de façon générale est enseignée, soit de quelle façon l'enseignant amène ses élèves à résoudre des problèmes. La liberté des élèves quant au processus de résolution de problèmes, pourrait aussi jouer un rôle. Le but est d'identifier s'ils sont pleinement libres de concevoir une démarche de résolution de problèmes ou s'ils doivent respecter un canevas précis.

CHAPITRE 2

CADRE THÉORIQUE

Ce chapitre sert de point d'ancrage pour les différentes théories et concepts rattachés à la présente recherche. Différents thèmes seront abordés en profondeur. La première section abordera la résolution de problèmes de façon générale et cherchera à définir le concept de *problème mathématique*. Elle aboutira ensuite vers les particularités rattachées à la situation-problème, maintenant présente dans le (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007). La section suivante présentera en profondeur le processus de résolution de problèmes tel qu'il est défini dans la littérature. Il sera aussi question du cas particulier des situations-problèmes et de ce qui est attendu de l'enseignant et de l'élève dans ces situations. Finalement, la dernière section traitera de l'enseignement des mathématiques et des actions à privilégier par l'enseignant en contexte de résolution de problèmes.

2.1 La résolution de problèmes

Au premier chapitre, l'importance qu'occupe la résolution de problèmes dans l'enseignement des mathématiques a été mise de l'avant (Poirier, 2001; Reiss *et al.*, 2013; Schoenfeld, 2013). Bien qu'il soit maintenant acquis que cette activité mathématique est essentielle, il est pertinent de s'intéresser aux critères qui permettent de conclure qu'un élève n'est pas en train de réaliser un simple exercice, mais qu'il est réellement en train de s'exercer dans une situation pouvant être qualifiée de *problème*.

2.1.1 La notion de problème mathématique

Plus tôt dans ce mémoire, deux familles de problèmes ont été survolées : les problèmes d'application et les situations-problèmes. Lorsqu'il est question de *problème*, il est possible d'observer depuis longtemps deux principaux pôles de pensée s'affronter : d'un côté il s'agit d'un exercice de routine et de l'autre, il s'agit d'une tâche dont la difficulté et la complexité le rend problématique (Goos, Galbraith, & Renshaw, 2000). Pour Legendre (2005), un problème est un énoncé composé d'un ensemble de données mathématiques accompagnées d'une ou plusieurs questions nouvelles qu'il est nécessaire de résoudre. Bair, Haesbroeck et Haesbroeck (2000), quant à eux, amènent l'idée que pour être nommée *problème*, une situation donnée doit avoir la particularité d'engendrer une synthèse des connaissances et de les exploiter dans un cadre nouveau. Cette tâche doit sembler hors de l'ordinaire, mais tout de même être accessible en plus d'être motivante et de nécessiter une réflexion. « Il est dès lors impossible de la résoudre par simple routine, c'est-à-dire en appliquant aveuglément des techniques assimilées » (Bair et al., 2000, p.10).

On peut voir les problèmes comme des tâches qu'une personne désire accomplir, mais dans lesquelles il n'est pas possible d'arriver à une réponse adéquate immédiatement (Reiss et al., 2013). Ces définitions ont toutes pour point commun d'impliquer une part de nouveauté. Un élément qui rend la situation impossible à résoudre de façon directe. Les définitions présentées rendent relative la classification des situations qui peuvent être rencontrées en classe de mathématique. Les situations peuvent être perçues différemment d'un élève à l'autre. Une tâche précise peut demander des efforts considérables à certains élèves et s'avérer être une activité routinière pour d'autres (Schoenfeld, 1985). Résoudre un problème consiste à surmonter une barrière et à trouver une solution (Reiss et al., 2013).

Ces auteurs considèrent qu'une telle définition de l'activité de résolution de problèmes amène une vision individuelle de cette tâche, puisqu'elle est basée sur les connaissances et les compétences propres à chaque individu.

Vergnaud (1990) propose une classification en deux familles distinctes pour les différentes situations qui peuvent être rencontrées. D'un côté, nous avons les classes de situations pour lesquelles le sujet dispose préalablement des compétences nécessaires au traitement relativement immédiat de la situation. Il existe aussi d'autres classes de situations pour lesquelles le sujet ne dispose pas au départ de toutes les connaissances nécessaires, ce qui l'oblige à un temps de réflexion et d'exploration ainsi qu'à des moments d'hésitations. Ces passages obligatoires, jumelés à de potentielles tentatives avortées, conduiront éventuellement à la réussite ou à l'échec. «Dans le second cas, on va observer l'amorçage successif de plusieurs schèmes, qui peuvent entrer en compétition et qui, pour aboutir à la solution recherchée, doivent être accommodés, décombinés et recombines [...]» (Vergnaud, 1990, p.136). Les schèmes sont ce que l'auteur appelle l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations. Il s'agit donc de procédures déjà maîtrisées par l'élève et qui lui permettent normalement d'arriver à une solution presque immédiatement.

Dans l'éventail de situations qui peuvent être englobées par les définitions du concept de *problème mathématique* qui ont été présentées, différentes familles émergent selon différents auteurs. Pour Descaves (1992), les problèmes peuvent être répartis en trois groupes : ceux qui invitent à utiliser des acquis, ceux qui permettent la construction de nouveaux outils mathématiques et ceux qui sont liés à une véritable recherche. Bair, Haesbroeck et Haesbroeck (2000) limitent leur division à deux types de problèmes : les

problèmes à résoudre où on doit trouver un ou plusieurs inconnus et les problèmes à démontrer où l'on doit faire la preuve d'une affirmation ou encore la réfuter. Parmi les problèmes à résoudre, deux catégories sont présentées : les problèmes ouverts et les situations-problèmes. Les problèmes ouverts ont généralement un énoncé court qui n'induit ni la méthode, ni la solution. La résolution ne se réduit jamais à l'utilisation immédiate d'une procédure connue. Les situations-problèmes quant à elles présentent des situations qui n'ont jamais été rencontrées et qui intriguent. La recherche d'outils pour résoudre le problème engendre l'élaboration de nouveaux savoirs.

Le Ministère dans son programme (MELS, 2007) aborde la résolution de situations-problèmes comme étant une activité axée sur l'exploration et la découverte. Il mise sur la nécessité de susciter un conflit cognitif ou un besoin de résolution ainsi que de permettre l'intégration de différents savoirs ou de se prêter à l'exploitation de liens qui favorisent le transfert des apprentissages.

Les définitions présentées ici tendent à mettre de côté les situations d'application, bien présentes dans le milieu, mais totalement dissociées des définitions de l'activité de résolution de problèmes mathématiques qui ont été rencontrées. Les situations d'application pourraient potentiellement être caractérisées de simple exercice mathématique et être complètement dissociée du mot *problème*. Une situation-problème se devrait d'être une nouvelle tâche qui ne peut pas être résolue immédiatement par l'application de processus déjà rencontrés. Dans le cas des situations-problèmes se retrouvant à la fin d'une séquence d'enseignement, l'élève n'est pas en mesure d'identifier le chemin qui relie les connaissances en jeu. Ces problèmes se rattachent aussi aux situations dans lesquelles l'élève ne dispose pas préalablement des connaissances nécessaires (Vergnaud, 1990) aux

problèmes permettant la construction de nouveaux savoirs (Descaves, 1992) et aux problèmes à résoudre (Bair et *al.*, 2000).

2.1.2 La particularité des situations-problèmes

Telles que présentées dans le premier chapitre, les situations problèmes sont dignes d'intérêt. Lajoie et Bednarz (2012) dressent l'évolution de la résolution de problèmes au cours du dernier siècle. Au Québec, de 1904 à 1945, la résolution de problèmes devait uniquement référer à des problèmes d'application dans lesquels les données étaient des nombres liés à la réalité. Ces problèmes se devaient d'être contextualisés et d'être réutilisables dans la vie de tous les jours. Ils se devaient aussi d'être variés afin de diminuer la monotonie pour les élèves. C'est dans la période suivante, soit de 1948 à 1959, que la résolution de problèmes ne se fait plus voir uniquement comme une occasion d'appliquer des concepts, mais aussi comme une occasion de mettre en œuvre un raisonnement. Il n'y a cependant pas une grande place accordée, dans le programme de formation, à cette pratique avant 1980. C'est à ce moment que le nouveau programme de l'époque place la résolution de problèmes dans une liste d'objectifs en mathématiques. Dans ce programme, une place importante est laissée à l'autonomie de l'élève, mais les problèmes peuvent encore être souvent caractérisés comme des problèmes d'application (Lajoie & Bednarz, 2012). C'est après les années 2000, avec l'arrivée du programme de formation actuel, que les situations-problèmes font leur entrée (Lajoie & Bednarz, 2014a). La définition des situations-problèmes n'est pas une notion claire, elle a évolué au fil de la mise en place des programmes des différents niveaux et est plus facilement caractérisable si on la compare à d'autres situations (Lajoie & Bednarz, 2014a). La résolution de situations-problèmes lorsqu'elle est effectuée dans le véritable sens qui lui est accordée devient un processus

plutôt qu'un produit (Poirier, 2001). L'importance n'est plus placée sur le résultat final, mais bien sur la démarche mise en place par l'élève pour arriver à une solution. La résolution de problèmes devient donc une occasion de création, de production, de nouvelles connaissances plutôt qu'une situation de reproduction d'un algorithme préalablement acquis (Pallascio, 2005). Cette évolution place la situation-problème au cœur même de l'activité mathématique. Les définitions présentées à la section suivantes mettent l'accent sur les mêmes éléments. Il est important de voir la résolution de problèmes comme un processus.

Les principales caractéristiques qu'il est possible de donner aux situations-problèmes sont d'être une forme de défis pour les élèves en plus d'être réalistes et contextualisées. L'objectif recherché est que ces situations soient attrayantes le plus possible aux yeux des élèves pour qu'ils aient envie de s'engager dans le processus de résolution (Corbeil et *al.*, 2001; Legendre, 2005). Durant la recherche de solutions au problème présenté, l'élève se heurte à la limite de ses connaissances ou à la limite des liens qu'il peut établir entre elles, ce qui transforme inévitablement le rôle de l'enseignant, qui doit maintenant guider l'élève dans ses initiatives (Deblois, Barma, & Simon, 2016). Le but principal de ces situations est généralement l'introduction de nouvelles connaissances. Elles sont généralement placées en début de séquence d'enseignement dans cette optique afin de permettre à l'élève de faire un premier contact avec un savoir qu'il n'a jamais rencontré, mais qu'il va bientôt découvrir (Corbeil et *al.*, 2001; Pallascio, 2005). Elles peuvent aussi être utilisées dans un contexte où elles servent à faire mobiliser par l'élève, différents savoirs qui ont été rencontrés séparément. Dans ce cas, elles seraient situées à la fin d'une ou plusieurs séquences d'enseignement. Au Québec, ce type de situations-problèmes survient pour les évaluations ministérielles de 6^e année par exemple. Les épreuves ministérielles doivent évaluer la compétence à résoudre une situation-problème en fin d'année. Elles se

retrouvent donc à devoir le faire dans un contexte où les savoirs ont nécessairement déjà été rencontrés par les élèves.

En somme, les situations-problèmes peuvent appeler à des concepts mathématiques qui n'ont pas encore été rencontrés, tout comme elles peuvent concerner ceux qui ont déjà été visités. C'est la façon de résoudre le problème qui fera alors, dans le deuxième cas, l'œuvre d'un obstacle à surmonter et non pas la non-connaissance du savoir mathématique visé (Lajoie & Bednarz, 2014a). L'élève se positionne comme un chercheur face à ces problèmes. Il s'agit d'une occasion idéale de développer des compétences transversales dont la capacité à exercer son jugement critique (Corbeil *et al.*, 2001). Poirier (2001) énumère une liste de caractéristiques des situations-problèmes :

- 1- Elles doivent permettre un démarrage. L'élève doit être en mesure de s'investir dans le travail. Elles doivent donc présenter un défi raisonnable;
- 2- Si elles sont une occasion de réinvestir une ou plusieurs connaissances antérieures, il faut que les élèves aient préalablement les connaissances suffisantes. Si elles sont une occasion d'acquérir une nouvelle connaissance, alors l'élève n'aura pas les outils nécessaires et c'est à ce moment-là que l'élève pratiquera une réelle activité de résolution de problèmes;
- 3- Elles doivent permettre la validation afin que les élèves puissent exercer leur jugement critique;
- 4- La connaissance à acquérir doit être l'outil le mieux adapté à la résolution du problème. L'enseignant qui veut aborder un nouveau savoir par une situation-problème doit s'assurer que ce savoir pourrait être abordé par les élèves.

Les situations problèmes, en plus de permettre la construction de nouveaux savoirs et le développement de nouveaux outils mathématiques, sont des occasions de développer la pensée critique et de mobiliser des stratégies de validation (Bair *et al.*, 2000; Corbeil *et al.*, 2001; Pallascio, 2005; Poirier, 2001). Cette pensée critique et ces stratégies de validation sont ce qui amène l'élève à être en mesure d'exercer un regard réflexif sur ses actions à l'intérieur même de la résolution d'un problème. Il pourra ainsi juger lui-même de la pertinence des actions qu'il a réalisées pour solutionner son problème. Ainsi, ces situations apprendront aux élèves à développer des moyens de surmonter des obstacles et à devenir apte à juger de l'efficacité de leur réalisation. La résolution de situations-problèmes se doit d'être une occasion de production (Pallascio, 2005), que ce soit de nouveaux savoirs ou encore de nouvelles stratégies. Pour Vienneau (2017), les situations-problèmes n'ont pas besoin d'être des situations réelles, il suffit simplement qu'elles soient concrètes et qu'elles soient adaptées afin qu'elles génèrent des savoirs mathématiques. Dans Legendre (2005), on accorde la définition de situation-problème à toute tâche complexe qui présente un défi et qui permet la mobilisation des ressources de l'élève. Les situations devraient être contextualisées et leurs solutions ne devraient pas être évidentes.

Dans le cadre de cette recherche les situations-problèmes devront donc être des problèmes complexes qui présentent un défi pour les élèves. Idéalement, elles devront être contextualisées. La solution de ces situations ne devra pas être directement accessible pour les apprenants réalisant la tâche. Pour arriver à une solution, l'élève devra mobiliser ses ressources (stratégies de résolution, concepts et outils mathématiques, ...) afin de surmonter ce qui constitue un obstacle.

2.2 Le processus de résolution de problèmes

La résolution de problèmes est une activité mathématique qui a fait ses preuves au cours des années. Bien qu'elle ait été vue de différentes façons à travers le temps et qu'elle occupe aujourd'hui une place plus importante qu'autrefois, elle est toujours demeurée présente quelque part dans l'enseignement des mathématiques (Lajoie & Bednarz, 2012). Poirier (2001) nous mentionne qu'étant donné que la résolution de problème est centrale dans l'activité des mathématiciens, elle l'est donc tout autant dans l'apprentissage et constitue une compétence primordiale à développer. Les savoirs mathématiques trouveraient leur sens et s'élaboreraient dans l'alternance entre des activités de résolution de problèmes et des activités d'application et de répétition (Descaves, 1992). Il ne suffirait donc pas de simplement faire répéter aux élèves l'application d'une même procédure, mais bien de les faire aussi chercher et jongler dans des problèmes complexes avec les savoirs que l'on veut leur faire apprendre. Toujours selon cet auteur, la résolution de problèmes n'impliquerait pas uniquement de faire une opération ou de trouver un résultat, mais consisterait plus principalement en une série de questionnement et de réponses à ceux-ci.

La résolution de problèmes peut se voir globalement comme le passage d'une solution particulière à une situation désirée à condition que ce passage nécessite une réorganisation, soit qu'il présente un défi ou un obstacle pour l'élève au niveau de ses savoirs (Legendre, 2005). Afin d'effectuer ce passage vers la situation désirée, l'élève doit mettre en œuvre un raisonnement mathématique. «En considérant l'imagination comme le moteur du raisonnement de l'élève, le raisonnement mathématique serait une forme de jeu en relation avec les contraintes considérées par l'élève et du but qu'il s'est fixé» (Bélanger *et al.*, 2014, p.49). Un élève possédant une quantité de connaissances suffisantes pour

résoudre un problème pourrait tout de même échouer s'il ne fait pas preuve de métacognition. Cette capacité chez l'élève aura pour but de l'amener à sélectionner ou encore à abandonner une stratégie spécifique (Chiu, Jones, & Jones, 2013). Il s'agit d'un regard critique sur les choix qu'il est en train de faire et sur l'aboutissement éventuel de ces choix. Trois types d'évènements devraient alarmer les élèves lors de cette étape : le manque de progrès, la détection d'une erreur et un résultat anormal (Goos *et al.*, 2000). La métacognition est donc le jugement qu'effectue l'élève sur sa propre démarche de résolution de problèmes pendant l'action.

La performance mathématique ne dépend pas uniquement de ce qu'une personne sait (en matière de savoirs mathématiques), mais de la façon dont elle utilise ses connaissances et avec quelle efficacité. De bonnes prises de décisions accompagnées de connaissances essentielles faibles peuvent aider à assurer le succès, tout comme de mauvaises décisions peuvent garantir, même si le sujet a des connaissances essentielles fortes, l'échec (Schoenfeld, 1985). Résoudre un problème mathématique nécessite obligatoirement un passage conscient, ou non, par plusieurs étapes. Différents auteurs ont conçu différents modèles de résolution de problèmes (Bair *et al.*, 2000; Carlson & Bloom, 2005; Descaves, 1992; Poirier, 2001; Polya, 1957). Le tableau 1 présente les différentes séries d'étapes rencontrées en résolution de problèmes selon ces auteurs.

Tableau 1 : Comparaison des processus de résolution de problèmes

	Polya (1957)	Descaves (1992)	Bair et al. (2000)	Poirier (2001)	Carlson et Bloom (2005)
1	Comprendre le problème	Comprendre l'énoncé	Faire preuve d'ouverture face au problème (Mentalité positive)	Appropriation	Orientation (Orientering)
2	Concevoir un plan	Mathématiser et mettre en signe	Appropriation du problème	Réalisation	Planification (Planning)
3	Mettre le plan à exécution	Mettre en œuvre des stratégies de résolution	Mise en place d'un plan d'actions lié aux théorèmes et aux contenus notionnels connus. (Attaque du problème)	Communication	Exécution (Executing)
4	Examiner la solution obtenue		Résolution		Validation / Révision (Checking)
5			Vérification		
6			Approfondissement		

Bien qu'il s'agisse d'étapes qui devraient en principe se succéder, la résolution de problème est un processus plus dynamique qui peut demander plusieurs retours en arrière (Bair et al., 2000; Poirier, 2001). Carlson et Bloom (2005) partagent la même idée et ajoutent que durant l'attaque d'un problème le cycle planification-exécution-vérification s'exécute à plusieurs reprises. Polya (1957) précise que bien qu'il soit nécessaire de comprendre le problème, l'élève doit aussi désirer le résoudre afin de se lancer dans le processus. Cette idée peut être jointe à celle de Bair, Haesbroeck et Haesbroeck (2000) sur l'importance de la mentalité positive préalable à la résolution de problèmes. Tous les modèles mettent l'accent, dans les premières étapes, sur ce que l'élève comprend du problème : la lecture de l'énoncé est donc primordiale. Les élèves doivent repérer les mots inducteurs tout en portant attention au contexte. Dans certaines situations des mots associés généralement à une addition peuvent représenter autre chose dépendamment de ce qui constitue le problème et ainsi induire les élèves en erreur (Descaves, 1992). C'est à partir de cette

lecture de l'énoncé et de la compréhension que l'élève en fera que ce dernier sera en mesure de construire son schéma de résolution et d'éventuellement mobiliser les éléments qui lui permettront d'arriver à une solution.

Descaves (1992) met de l'avant l'existence de trois étapes nécessaires à la résolution d'un problème : comprendre l'énoncé, le mathématiser et le mettre en signe et mettre en œuvre des stratégies de résolution. Ces étapes sont toutes rencontrées sous différents noms dans les modèles présentés dans le tableau 1. Pour Bair *et al.* (2000) toute méthode de résolution de problèmes passe aussi par trois étapes : comprendre le problème, concevoir un plan et exécuter un plan. Bien que la terminologie soit légèrement différente, l'idée derrière est la même. Il est facilement possible d'associer la compréhension de l'énoncé au fait de comprendre le problème. La mathématisation peut être associée à la conception d'un plan et à la mise en œuvre de stratégies de résolution, ce qui peut être jumelée à l'exécution d'un plan. Cependant, ces trois grandes étapes, la compréhension du problème, la conception d'un plan et l'exécution de ce dernier ne tiennent pas compte d'une étape supplémentaire présente chez d'autres auteurs (Bair *et al.*, 2000; Carlson & Bloom, 2005; Polya, 1957). Cette étape n'a pas d'impact direct sur le processus de résolution de problèmes, mais est tout de même bien présente et a une pertinence non-négligeable : la vérification. Elle oblige l'élève à effectuer un regard réflexif sur la tâche qu'il a accomplie et à juger lui-même de la qualité de son travail.

D'un point de vue moins théorique, certains modèles de résolution de problèmes demeurent pertinents. Le MEQ (2006), dans son Programme du premier cycle du secondaire, présente des exemples de stratégies qui peuvent être associées à la résolution

de situations-problèmes. Le tableau 2 montre ce qui est présent dans le programme. Ces exemples de stratégies sont en adéquation avec les stratégies mises à l'avant plus tôt.

Tableau 2 : Exemples de stratégies (MEQ, 2006)

<p>Compréhension</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distinguer les termes du langage courant et du langage mathématique - Se représenter la situation mentalement ou par écrit - Dégager la tâche à réaliser - Reformuler la situation dans ses propres mots
<p>Organisation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Établir des liens - Mobiliser les concepts et les processus - Utiliser des listes, des tableaux, des schémas, du matériel concret, des dessins
<p>Solution</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procéder par essais et erreurs - Faire des retours sur son travail (travailler à rebours) - Se référer à un problème analogue déjà résolu - Diviser un problème complexe en sous-problèmes - Simplifier le problème
<p>Validation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vérifier sa solution à l'aide d'exemples ou par un raisonnement - Utiliser d'autres processus, s'il y a lieu - Chercher des contre-exemples - Comparer et confronter ses démarches et ses résultats avec ceux de son enseignant ou de ses pairs
<p>Communication</p> <ul style="list-style-type: none"> - Structurer ses idées - Confronter sa compréhension de mots communs au langage courant et au langage mathématique - Mobiliser différents modes de représentation - Expérimenter différentes façons de transmettre un message à caractère mathématique - Expliquer son raisonnement

Cet éventail de stratégies peut donc servir d'assises aux enseignants afin de bien cerner les étapes qui peuvent être rencontrées lors de la résolution d'un problème. Il peut aussi servir d'éléments intéressants à partager aux élèves. Il faut bien comprendre que l'objectif n'est pas de mobiliser chaque stratégie présente simultanément, mais d'en appeler à quelques-unes. Ces grandes étapes ne sont pas sans rappeler les différents modèles vus au tableau 1. On retrouve les trois étapes de Descaves (1992), auteur utilisé par le Ministère

dans la réalisation de son programme. La figure 1 présente les grandes lignes communes aux différents processus présentés jusqu'à maintenant.

Dans la colonne de gauche, les trois premières étapes font référence aux trois étapes inévitables lors de la résolution d'un problème de Bair *et al.* (2000) auxquelles l'étape de vérification a été ajoutée. Il est donc possible d'observer que dans tous les processus des différents auteurs, une étape rattachée à la compréhension d'un problème est présente. Il en est de même pour l'étape de résolution du problème. L'étape concernant la conception d'un plan est aussi présente chez tous les auteurs à l'exception de Poirier (2001). La phase de vérification, pour sa part, peut être retrouvée chez quatre auteurs parmi les six analysés. C'est pourquoi cette phase mérite sa place dans les grandes étapes de résolution d'un problème. Il est donc possible de conclure que tous les problèmes, afin d'être solutionnés de manière optimale, devraient mobiliser quatre étapes : la compréhension du problème, la conception d'un plan, la résolution du problème ainsi que la vérification de la solution obtenue. Cette conclusion est directement en adéquation avec le modèle de Polya (1957) et celui de Carlson et Bloom (2005).

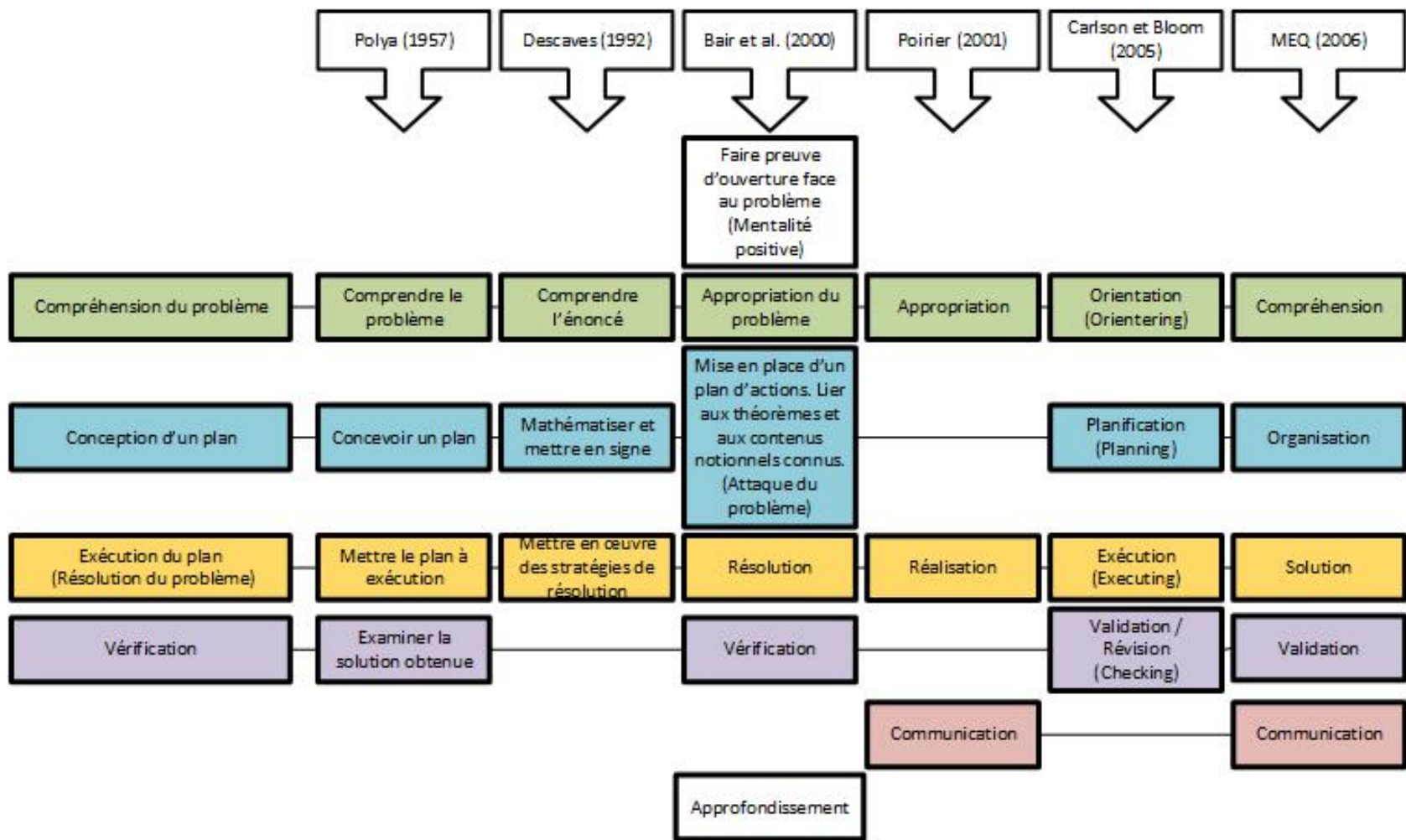


Figure 1 : Liens entre les différents processus de résolution de problèmes

Certains manuels scolaires suggèrent leur propre modèle de résolution de problèmes aux élèves. Bien que ce dernier soit moins théorique que ceux présentés par les auteurs mentionnés précédemment, il représente pour les élèves un canevas de résolution facilement utilisable qui les guide dans la résolution du problème. Les étapes suggérées dans le manuel « Intersection » (Chenelière Éducation, 2008 à 2011), présent au deuxième cycle du secondaire, peuvent varier en nom d'un manuel à l'autre. Cependant, on voit les mêmes principales étapes en arrière-plan, bien que les noms soient différents. Voici un exemple d'une série d'étapes tirées du manuel de la séquence sciences naturelles de quatrième secondaire :

- 1- Ce qui est compris de la situation;
- 2- Ce qui est cherché;
- 3- Le plan (étape où l'élève explique ce qu'il comprend de la situation et où il explique comment il pense s'y prendre pour arriver à une solution);
- 4- La solution (étape où l'élève laisse toutes les traces de la résolution du problème);
- 5- L'explication de la démarche pour valider la solution;
- 6- Le partage de la solution.

Il y a fort à parier que l'inspiration de la maison d'édition provient des stratégies présentes dans le programme du Ministère puisqu'il est possible d'y retrouver les mêmes grandes lignes directrices : Compréhension, organisation, solution, validation et communication.

À ce stade, il est possible d'affirmer sans l'ombre d'un doute que la résolution de problèmes est un processus qui passe par plusieurs étapes de façon cyclique et non

uniquement qu'en ligne droite (Bair *et al.*, 2000; Carlson & Bloom, 2005; Poirier, 2001). Aussi, toutes démarches passent par trois principales étapes soient la compréhension du problème, la réalisation d'un plan et l'exécution du plan réalisé (Bair *et al.*, 2000; Descaves, 1992). À ces étapes de base, il est possible d'ajouter une phase de validation ou de vérification afin de faciliter le travail des élèves et de leur faire développer des méthodes de travail efficaces.

Bien que la résolution de problèmes passe par différentes étapes, pour Schoenfeld (1985), différents facteurs peuvent influencer la performance d'un élève. Le premier facteur sert de fondation et est composé des connaissances mathématiques de base, appelé ressources (*resources*), que l'élève possède. Le deuxième concerne ce qu'il est possible de qualifier de *coffre à outils*, soit les stratégies de résolution de problème que possède l'élève (*heuristics*). Un autre élément important est la métacognition (*control*). L'élève doit être en mesure de prendre de bonnes décisions. Il doit réfléchir sur l'efficacité des stratégies et résultats qu'il met en place durant la résolution du problème (Carlson & Bloom, 2005). Il doit aussi se faire un plan, se fixer des objectifs et des sous objectifs. En cas de besoin, il ne doit pas hésiter à réviser son plan et même à aller jusqu'à l'abandonner si nécessaire. Finalement, toujours selon Schoenfeld (1985), un dernier facteur peut venir influencer la performance en résolution de problèmes. Ce dernier peut être traduit comme étant le système de perception (*belief system*) qu'il est possible de voir comme des conceptions préétablies pouvant influencer la capacité d'un élève à résoudre un problème. Ces conceptions chez les élèves peuvent affecter sa performance de diverses façons. Un élève performant qui a des appréhensions négatives des mathématiques verra ces dernières avoir un effet tout autant négatif sur son comportement en résolution de problèmes. Un élève considérant un certain savoir mathématique comme très difficile pourrait facilement être

effrayé par un problème concernant ce savoir et ainsi, sans le vouloir, se voir bloquer à l'idée d'amorcer le problème. Un exemple de conception de ce genre pourrait être l'association entre la longueur de l'énoncé et sa difficulté. Un élève pourrait, simplement en voyant la longueur de l'énoncé, juger le problème trop difficile pour lui.

2.2.1 La résolution de situations-problèmes

Dans le cadre de cette recherche, les situations-problèmes visées devront faire appel à des savoirs déjà rencontrés, puisque l'objectif est de faire mobiliser des liens entre ces savoirs déjà enseignés. Comme mentionné précédemment, cette vision de la situation-problème est loin d'être en désaccord avec le fondement même de ce genre de problème. Dans ce cas typique, ce n'est pas le savoir qui fera l'objet de la démarche de découverte, mais la résolution du problème lui-même via la nécessité de manifester une compréhension de la situation et ainsi mobiliser les savoirs appropriés (MELS, 2011). Il s'agit de s'intéresser aux règles ou aux méthodes, aux combinaisons des savoirs ou à la façon dont l'élève parvient à lier les concepts qu'il a rencontrés individuellement durant la résolution du problème entre eux. Le recours à une combinaison non apprise de règles est l'une des conditions énoncées par le Ministère de l'Éducation dans son programme (MELS, 2007). Le fait de jumeler plusieurs savoirs ensemble pourrait être perçu comme la combinaison non apprise de règles dans cette situation bien précise. L'obstacle à franchir ne sera pas la découverte du savoir mathématique, mais la découverte d'une démarche permettant de résoudre la situation. La combinaison de savoirs mathématiques n'est pas quelque chose que les élèves sont habitués de réaliser puisqu'ils voient principalement les savoirs de façon isolée.

Certaines situations mobilisant plusieurs savoirs peuvent avoir un énoncé plutôt long. La longueur de l'énoncé peut constituer un obstacle pour les élèves qui devront ne pas se laisser impressionner et décortiquer l'information importante. Lorsqu'il est question des consignes du problème, De Vecchi (2001) précise qu'en pédagogie et en didactique, la définition la plus adoptée fait référence à une intégration de plusieurs éléments. On retrouve parmi ceux-ci, le degré de réussite ou d'achèvement. Il s'agit de ce qui permettra à l'élève de conclure que la tâche est terminée. Certains enseignants pourraient associer le fait d'énoncer des consignes au simple fait d'indiquer ce qu'il faut faire. Ce même auteur présente des indicateurs aidant à l'élaboration de consignes plus précises : pourquoi l'élève devrait-il faire ce travail? Que doit-il faire? Comment doit-il le faire et avec quoi? Qu'est-ce que l'élève doit faire pour que la tâche demandée soit considérée comme terminée? Cependant, l'auteur place un bémol sur ces indicateurs, puisque dans certaines situations d'apprentissage, la consigne doit volontairement être présentée de manière plus ouverte et moins précise.

La résolution de problèmes demandant plus qu'une simple activité routinière peut être influencée par une variété de facteurs, comme les connaissances informelles. Ce sont les connaissances qui n'appartiennent pas aux mathématiques, mais davantage à l'habileté d'exécution de procédures ainsi qu'à la possession d'un spectre large de compétences pertinentes (Schoenfeld, 1985). Ces compétences pertinentes peuvent être une démarche de résolution de problèmes, une procédure utilisée pour décortiquer les informations pertinentes du texte, etc. Cette activité mathématique demande aussi à l'élève d'utiliser des représentations afin de pouvoir solutionner le problème. Une représentation est quelque chose (un graphique, un tableau, un dessin, un texte, une équation, etc) qui vise à aider à visualiser autre chose (Duval, 2006). L'objet représenté est en perpétuelle évolution au fur

et à mesure que la sémiotique, le transfert entre les différents langages, évolue et que l'élève interprète à nouveau les informations qui sont devant lui (Sáenz-Ludlow & Kadunz, 2016). L'utilisation et l'interprétation de représentations sont des éléments importants à développer chez les élèves puisqu'elles sont utilisées dans plusieurs branches scientifiques comme la biologie, la chimie, la physique ou encore la sociologie (Lingefjärd & Farahani, 2017a). Selon Brousseau (2004), toute représentation doit comprendre trois éléments : un objet représenté, un objet représentant ainsi qu'une relation qui relie ces deux éléments. C'est cette relation entre ces deux objets qui peut être qualifiée de *représentation*. Ces représentations vont venir permettre à l'élève d'avancer dans la tâche abstraite qui peut lui être demandée.

Tout au long des sections précédentes, la même idée revient sans cesse lorsqu'il est question de situations problèmes : la nécessité pour le problème de représenter un défi et de demander à l'élève de franchir un obstacle. L'obstacle est l'élément du problème qui amène l'élève au-delà de ses connaissances et compétences. Le franchissement d'un obstacle demande un travail équivalent à celui de la mise en place d'une nouvelle connaissance, soit des interactions répétées (Brousseau, 1998). Toujours selon cet auteur, il existerait trois types d'obstacle :

- Les obstacles d'origine ontogénique. Ce sont les obstacles qui sont dus au fait de limitations (neuropsychologique ou autre) de l'élève à un moment précis de son développement.
- Les obstacles d'origine didactique. Ce sont ceux qui semblent dépendre d'un choix ou d'un projet du système éducatif.
- Les obstacles d'origine épistémologique. Ces obstacles prennent place entre le désir de l'élève de résoudre le problème et le problème lui-même. Ce sont

les obstacles auxquels l'élève ne peut pas et ne doit pas échapper dû à l'importance de leur rôle dans la construction de la nouvelle connaissance ou du travail à accomplir. Ils impliquent généralement un besoin d'adaptation d'une connaissance incomplète.

Un exemple d'obstacles d'origine didactique pourrait être un enseignant qui n'autorise pas ses élèves à avoir accès aux formules et aux concepts nécessaires pour résoudre le problème. Cette situation aurait pour effet de nécessiter de la part des élèves d'apprendre par cœur les formules. Ce préalable viendra constituer en lui-même un obstacle dans la situation. Pour les obstacles d'origine épistémologique, toutes les situations concernant une notion qui n'a pas encore été préalablement enseignée peuvent y être rattachées. Dans le contexte de cette recherche s'intéressant principalement au deuxième cycle du secondaire, ce sont ces deux types d'obstacles qui seront principalement rencontrés.

2.2.2 Le positionnement attendu de l'enseignant

Maintenant que l'activité de résolution de problèmes a été présentée comme une tâche nécessitant un haut niveau d'implication de l'élève, il devient pertinent de présenter ce qui est attendu de l'enseignant dans ces situations. Il est évident que concevoir ou choisir une tâche, qui n'est pas trop facile ni trop difficile, peut représenter un défi en soi pour l'enseignant (Corbeil *et al.*, 2001). L'accompagnement et l'évaluation de ces situations exigent des ajustements. Pallascio (2005) précise quelques éléments concernant le rôle de l'enseignant. Il doit placer l'élève dans des situations riches en création. Il doit agir comme accompagnateur et non comme un transmetteur. Cet auteur présente également les

grandes étapes de la gestion de situations-problèmes en salle de classe : planifier les consignes, bien doser le travail d'équipe, gérer la communication des idées entre les équipes, faire réfléchir les élèves sur les acquis qu'ils ont faits et organiser une synthèse des acquis.

Selon Biémar (2012), « l'accompagnement est une relation qui aide l'accompagné à être le maître d'œuvre de son projet » (p.21). Concrètement, la résolution du problème par l'élève constitue ici le projet à réaliser. C'est dans le contexte du développement de la compétence des élèves à résoudre des problèmes que l'accompagnement émerge dans la classe de mathématique. La finalité de tout accompagnement devrait être de disparaître, soit de ne plus être nécessaire.

Dans le cadre de ce mémoire, les « actions d'accompagnement » seront les gestes et les interventions réalisés par les enseignants dans le but d'offrir un soutien à l'élève dans la mise en œuvre de la résolution d'une situation-problème.

La zone proximale de développement (Vygotski, 1985) constitue la marge de manœuvre avec laquelle l'enseignement doit jongler pour chacun de ses élèves. En corrélation avec la capacité des élèves à résoudre des problèmes complexes, la zone proximale de développement varie d'un élève à l'autre. La figure 2, tirée de Vienneau (2017), permet de visualiser la relation qu'il existe entre le degré de difficulté et le niveau d'aide associé. Ainsi, l'élève, lorsqu'il est aidé par l'enseignant peut atteindre un niveau de difficulté plus élevé que lorsqu'il est laissé à lui-même. La zone proximale de développement constitue donc la possibilité qu'a l'enfant de passer de ce qu'il sait faire tout seul à ce qu'il sait faire en collaboration avec quelqu'un (Vygotski, 1985). Cette particularité associée au

socioconstructivisme doit être tenue en compte tout au long de la résolution d'une situation-problème afin de ne pas faire chavirer la situation vers la facilité ou encore vers un niveau non réalisable. C'est ainsi que l'élève sera en mesure de surmonter l'obstacle qui lui est présenté.

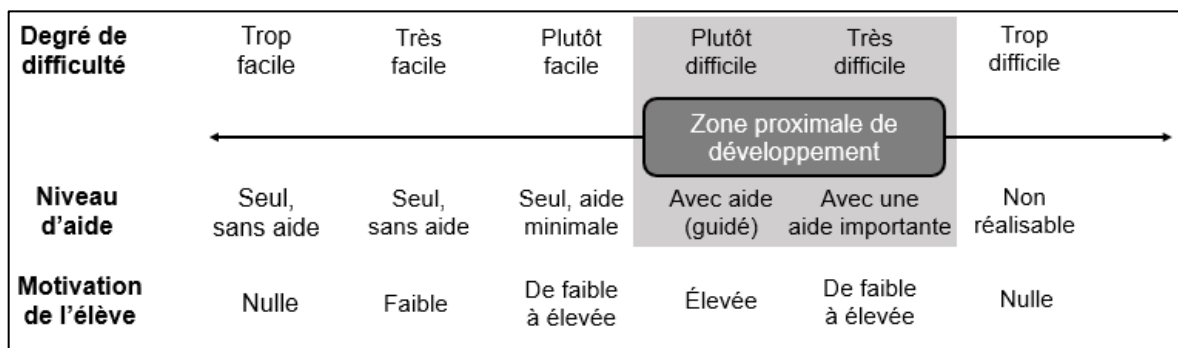


Figure 2 : La zone proximale de développement

Dans un autre ordre d'idée, l'enseignant doit aussi travailler à déconstruire les perceptions erronées des élèves en matière de résolution de problèmes. Ces dernières ressemblent souvent aux suivantes (Poirier, 2001):

- Il existe toujours une et une seule réponse pour un problème donné;
- Pour répondre à un problème, il faut utiliser toutes les données de l'énoncé;
- Résoudre un problème implique une opération ou un calcul;
- Pour résoudre un problème, il faut utiliser les dernières notions rencontrées en classe.

2.2.3 L'implication de l'élève

Face à un problème l'élève peut devenir anxieux. Devant ces situations, certains élèves peuvent demeurer bloqués et ne pas savoir quoi faire. D'autres peuvent chercher à éviter à tout prix les situations-problèmes (Schoenfeld, 1985). La compréhension de l'énoncé par l'élève dépend de nombreux facteurs : leurs connaissances pragmatiques, leurs connaissances du monde, leurs compétences linguistiques, leurs capacités perspectives, leurs capacités à prélever des significations, leurs capacités à représenter le problème et leurs compétences logiques (Descaves, 1992). Au secondaire, le Ministère (MELS, 2007) établit des attentes de fin de cycle pour ses élèves. Prenons exemple sur le deuxième cycle où les élèves doivent être en mesure de résoudre des problèmes contenant plusieurs étapes. Au besoin, ils doivent explorer différentes solutions tout en faisant appel à un ou plusieurs champs des mathématiques. Ils doivent aussi être en mesure de présenter une démarche structurée incluant un résultat qu'ils sont en mesure de justifier adéquatement avec un langage mathématique.

2.3 L'enseignement des mathématiques

Une conception des mathématiques amenée par Tall (2004) et reprise dans Lingefjärd et Farahani (2017b) est qu'il existe trois « mondes » ou différentes facettes en mathématiques. L'apprentissage dans ce domaine se ferait à différentes étapes en relation avec ces mondes. Le premier monde est rattaché aux conceptions. Il s'agit, dans certains cas, de la représentation mentale ou de la compréhension propre à chaque personne de certains objets (exemple : un cercle). Ces conceptions ne doivent pas être négligées parce qu'elles sont la porte d'entrée de la compréhension d'un objet par l'élève. Lorsqu'elles sont

associées à des compréhensions plus globales, qui regroupent plusieurs objets de même nature, qui sont toutes erronées, le changement devient extrêmement difficile à accomplir (Vosniadou, 1994). C'est donc dire que plus la compréhension erronée de l'élève sera à ses yeux généralisable, plus il aura du mal à s'en défaire. Dans tous les cas, connaître ces conceptions sera toujours un point de départ intéressant afin de faire évoluer la compréhension de l'élève. Le second monde est attaché aux symboles utilisés dans les calculs et dans les manipulations algébriques. Finalement, le dernier monde concerne ce qu'il est possible de traduire comme des *fondations mathématiques* regroupant des définitions, des théorèmes et des axiomes. En considérant ces éléments, l'apprentissage en mathématiques dépend donc de différents facteurs qui doivent être considérés, d'autant plus dans une situation où l'élève est placé à l'avant et où il est maître à bord. Il est bien connu que le tout dernier programme du Ministère (2006 et 2007) est basé sur une approche idéalement socioconstructiviste de l'apprentissage. La résolution de problèmes est une activité clé de cette école de pensée puisqu'elle permet l'usage de la métacognition et le transfert des apprentissages : deux concepts au cœur du socioconstructivisme (Vienneau, 2017). Étant donné la pertinence de cette activité, il semble primordial de s'intéresser aux gestes qui peuvent, et dans certains cas doivent, être posés par l'enseignant en contexte de résolution de problèmes.

2.3.1 Les stratégies d'enseignement en résolution de problèmes

Dans le cadre de ce mémoire, les stratégies d'enseignement correspondent aux actions d'accompagnement que mettent en place les enseignants afin d'aider les élèves. Peu importe les choix faits par l'enseignant lors de la résolution d'un problème, ceux-ci auront un impact sur l'activité de l'élève que ce soit en la rendant plus facile ou plus difficile.

Dans un modèle où l'enseignant est complètement effacé et où il n'aurait aucune interaction avec l'élève, ce dernier, se retrouvant à lui-même, subirait tout de même les effets du retrait de l'enseignant. L'inverse est aussi vrai, puisque « l'intervention de l'enseignant modifie les conditions de fonctionnement du savoir, conditions qui font aussi partie de ce que l'élève doit apprendre. L'objectif final de l'apprentissage est que l'élève puisse faire fonctionner ce savoir dans des situations où l'enseignant n'intervient plus » (Brousseau, 1990, p.322). Pour Freiman et Savard (2014), les actions d'accompagnement qui favorisent le développement du raisonnement chez l'élève sont parmi les éléments importants à considérer. DeBlois, Barma et Simon (2016) amènent que la planification et l'accompagnement, lorsque la résolution de problèmes est utilisée comme outil d'enseignement et comme occasion d'apprentissages, constituent un réel défi. Ce défi se présente par le fait que l'élève ne possède pas à ce stade les outils nécessaires afin d'arriver directement à une réponse. Il doit donc mettre en œuvre des stratégies variées afin d'avancer dans le problème.

L'étape préalable à l'accompagnement de l'élève par l'enseignant est la sélection d'une situation-problème qui devra être résolue. La conception actuelle de l'enseignement exige de l'enseignant de provoquer chez l'élève les adaptations souhaitées à l'aide d'un choix judicieux de problèmes qu'il va proposer (Brousseau, 1998). Lajoie et Bednarz (2014b) présentent des contraintes qui devraient être prises en compte lors de la sélection ou de la conception d'une situation-problème. Plusieurs de ces caractéristiques peuvent être directement associées au niveau de complexité du problème : les concepts à mobiliser, le degré d'autonomie exigé chez l'élève, la quantité de contraintes, les registres de représentations mobilisés et le passage d'un registre à l'autre, le nombre d'étapes nécessaires, la nature des liens intra-mathématiques (liens entre les concepts ou champs

des mathématiques), etc. Ces caractéristiques constituent une liste d'éléments à prendre en considération avant de présenter une tâche aux élèves.

Dans les occasions de résolution de problèmes, l'enseignant doit prendre des décisions par rapport au positionnement qu'il prend face aux élèves. Les interactions entre l'enseignant et les élèves ne doivent plus être dominées par le savoir. Il faut maintenant laisser une place plus importante à la « mise en œuvre d'une activité mathématique où différentes observations sont mises en commun, où des questionnements font surface, des stratégies émergent et des explications se formulent qui impliquent l'enseignant et l'élève [...] » (Maheux & Proulx, 2017). Certains dispositifs didactiques présentant un cadrage trop large peuvent avoir pour effet de créer un certain trou sur les objectifs poursuivis par la situation et sur les savoirs en jeu. Tout comme un cadrage trop étroit accompagné de consignes visant la décomposition de tâches complexes en tâches plus petites ne permettra pas aux élèves d'aller plus loin que de dépasser ces petites difficultés ponctuelles (Demonty & Fagnant, 2014). Cette idée était aussi présente plutôt dans l'histoire de la recherche sur la résolution de problèmes mathématiques avec Polya (1957). Il mettait lui aussi de l'avant le fait que si l'élève se retrouve seul devant un problème avec une aide insuffisante, il ne peut pas faire de progrès. À l'inverse, s'il l'enseignant l'aide trop, il ne lui reste plus rien à faire. L'enseignant doit jongler avec la zone proximale de développement de l'élève (Vygotski, 1985), telle que présentée plus tôt. Il doit trouver le dosage parfait afin d'aider suffisamment l'élève, sans pour autant lui apporter trop d'aide. Dans le cas où l'élève se retrouverait dans une situation où ses capacités sont limitées, Polya (1957) amenait que l'enseignant devait agir de sorte que l'élève ait l'illusion qu'il fournit un travail personnel. L'aide doit donc être discrète.

Le contrat didactique de Brousseau (1998) est un concept élaboré par cet auteur. Il s'agit en quelque sorte de la règle du jeu et de la stratégie de la situation didactique. Il ne s'agit pas d'un simple contrat pédagogique, puisque celui-ci dépend étroitement des connaissances qui sont en jeu dans la situation. L'évolution de la situation et le choix des savoirs que l'élève va mobiliser, soit la manifestation évolutive de sa compréhension, modifie nécessairement le contrat, puisqu'en avançant dans la situation, il raffine de plus en plus la particularité de son raisonnement. Quelques conseils sont élaborés afin de bien gérer les situations-problèmes. Lorsque l'élève refuse ou évite le problème, l'enseignant doit se justifier d'avoir choisi un problème aussi difficile. Il est nécessaire que l'enseignant assume les résultats et qu'il donne à l'élève les moyens permettant l'acquisition de la connaissance. L'enseignant doit fournir à l'élève les moyens de résoudre les problèmes qu'il lui suggère en rendant accessible, par exemple, les savoirs théoriques nécessaires.

Certains enseignants face à des problèmes considérés complexes pourraient postuler d'emblée l'échec des élèves (Roiné, 2014). C'est ce que cet auteur appelle la *contrainte de l'échec*. Des enseignants vont prévoir, dans certains cas, des exercices complémentaires afin de savoir réagir à l'échec de l'élève et de tenter de le camoufler. Ils peuvent aussi suggérer des milieux matériels, comme des cubes ou des jetons afin de faciliter la résolution du problème. Ces gestes peuvent être considérés comme des remèdes, mais aussi parfois comme des poisons. Plus l'enseignant se focalise sur les difficultés potentielles des élèves face au problème, plus il ajoute des dispositifs afin de les aider, plus il contribue à compliquer la situation et risque d'entraîner un changement du contrat, ou encore un glissement. Dans ce cas, les savoirs en jeu pourraient être perdus de vue.

Lors de la résolution de problèmes, l'élève peut commettre plusieurs erreurs. Il faut se méfier de ce que Astolfi (2014) appelle le *syndrome de l'encre rouge*. Dès que l'enseignant observe une erreur, il la marque d'un crayon rouge sans vraiment se questionner sur celle-ci.

Certaines productions d'élèves sont peut-être trop rapidement étiquetées comme des erreurs, alors qu'elles manifestent seulement la diversité des procédures possibles pour résoudre une question posée, quand l'enseignant, lui, s'attend à un type de réponse bien précis. C'est souvent le manque de conformité de la solution qui est sanctionné, alors que les élèves ont pu emprunter des chemins, pas nécessairement absurdes, mais auxquels on n'avait pas songé (Astolfi, 2014, p.81).

De telles catégorisation de productions d'élèves doivent absolument être évitées en résolution de problèmes, puisque les chemins empruntés par l'élève sont plus que pertinents, même s'ils ne sont pas les mêmes que l'enseignant. Différentes catégories d'erreurs peuvent être rencontrées. Le tableau ci-dessous fait mention des différents types d'erreurs possibles (Astolfi, 2014) :

Tableau 3 : Types d'erreurs

Types d'erreurs	Exemple
Erreurs relevant de la compréhension des consignes	L'élève n'a pas compris qu'il devait trouver le coût total d'une fin de semaine de camping.
Des erreurs résultant d'habitudes scolaires	Un problème nécessite 5 étapes alors que l'élève a toujours résolu des problèmes nécessitant 4 étapes.
Des erreurs témoignant des conceptions alternatives	L'élève a toujours perçu que le carré n'est pas un rectangle. Il écarte donc des dimensions associées à un carré dans un problème où il doit trouver les dimensions d'un rectangle.
Des erreurs liées aux opérations intellectuelles impliquées	L'enseignant a prévu un problème dans lequel un élément qui lui semblait « naturel » n'est pas facilement accessible à l'élève.
Des erreurs portant sur les démarches adoptées	L'élève met en place une stratégie incompréhensible par l'enseignant afin de résoudre un problème.
Des erreurs dues à une surcharge cognitive	Un problème présente six pages de textes et un nombre important d'étapes afin d'être résolu. La mémoire de travail est ainsi surchargée.
Des erreurs ayant leur origine dans une autre discipline	Difficultés à effectuer des inférences en français.
Des erreurs causées par la complexité propre du contenu	Un problème complexe nécessite une compréhension d'un concept plus avancée que celle actuellement disponible à l'élève.

Dans certains cas, les enseignants peuvent chercher à éviter autant que possible l'erreur. Astolfi (2014) met aussi d'avant le mythe voulant que les erreurs présentes sont causées par les enseignements antérieurs. De l'école primaire à l'université, on rejette la faute sur ceux qui ont précédé. Pourtant, le modèle constructiviste accorde une place positive à l'erreur. Il faut que l'enseignant apprenne à travailler avec ces erreurs et à comprendre ce qu'elles signifient dans le raisonnement de l'élève afin de constituer un point de départ pour les actions à venir.

2.3.2 La notion de concept mathématique

Dans le cadre de cette recherche, l'intérêt est principalement placé sur les problèmes mobilisant plusieurs concepts mathématiques. Pour Vergnaud (1990), un concept est un triplet composé de trois éléments : les situations qui lui donnent du sens, l'ensemble des incontournables sur lesquels les schèmes peuvent être opérés et les formes langagières ou non qui permettent de représenter le concepts et ses propriétés. Les situations permettent de donner du sens aux concepts mathématiques.

Pour cette recherche, un concept mathématique sera un élément d'apprentissage, comme décomposer un nombre en facteurs premiers ou encore rechercher la règle d'une fonction exponentielle. Il s'agit d'éléments présents dans la progression des apprentissages (MEES, 2016).

CHAPITRE 3

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Ce chapitre présente la méthodologie sélectionnée afin de venir répondre aux questions de recherche et de venir concrétiser les objectifs qui ont été fixés au premier chapitre.

Premièrement, il convient de rappeler les questions de recherche qui sont les suivantes :

- Quelles sont les stratégies didactiques mises en place par l'enseignant pour favoriser la création de liens entre différents concepts mathématiques dans son enseignement?
- De quelle(s) façon(s) l'enseignant accompagne-t-il les élèves dans les situations-problèmes faisant appels à plusieurs savoirs mathématiques?

3.1 Type de recherche réalisé

Les questions de recherches ainsi que les objectifs qui y sont rattachés imposent une méthodologie de type qualitative, pragmatico-interprétative. L'aspect qualitatif de ce type de recherche se réfère à des sujets observés qui sont davantage *typiques* que statistiquement représentatifs. De plus, les données sont soumises à une analyse de contenu souvent réalisée à l'aide de codage et les résultats ne sont pas généralisables (Thouin, 2014). Dans ce type de recherche, le chercheur est intéressé à comprendre la signification et l'implication qu'a un phénomène pour ceux qui y sont engagés (Hatch, 2002; Merriam & Tisdell, 2016). Un chercheur menant une étude qualitative devrait être intéressé par la façon dont les personnes interprètent leur expérience, la façon dont ils construisent

leur «monde» et la signification qu'ils accordent à leur expérience (Merriam & Tisdell, 2016). Selon Savoie-Zajc (2011), une recherche s'inscrivant dans le courant interprétatif a pour intention de comprendre le sens qu'une personne, dans le cas présent un enseignant, donne à son expérience. Toujours selon cette auteure, ce type de recherche se situe au cœur même de la vie quotidienne des acteurs et cherche à mieux la comprendre pour ensuite pouvoir agir sur elle. Les recherches de type qualitative pragmatico-interprétative sont animées par le « désir de comprendre le sens de la réalité des individus; [ces recherches adoptent] une perspective systémique, interactive, alors que la recherche se déroule dans le milieu naturel des personnes. Le savoir produit est donc vu comme enraciné dans une culture, un contexte, une temporalité» (Savoie-Zajc, 2011, p.126).

3.2 Échantillon

Afin de répondre aux différentes questions et objectifs de cette recherche, il était nécessaire de rencontrer des enseignants de mathématique ainsi que certains de leurs élèves. Les prochaines sections présentes les critères recherchés ainsi que l'échantillon ayant participé à la recherche.

3.2.1 Critères recherchés

La réalisation de cette recherche nécessitait la participation d'enseignants et d'élèves du deuxième cycle du secondaire (secondaire 3, 4 ou 5). Les enseignants devaient être spécialistes des mathématiques et avoir au moins un groupe-classe du deuxième cycle. L'école de provenance n'avait pas d'importance. Les enseignants n'avaient pas à démontrer un niveau d'expérience minimal pour participer à cette recherche. Afin d'être en adéquation

avec les objectifs poursuivis par ce projet, les enseignants devaient faire de la résolution de problèmes avec leurs élèves et réaliser des interventions ayant pour but d'améliorer leurs compétences en lien avec cette pratique. En somme, ce sont toutes les enseignantes et tous les enseignants de mathématiques du deuxième cycle du secondaire, préparant les élèves à la résolution de problèmes, qui pouvaient participer à cette recherche. L'approbation des directions d'école associées aux enseignants était nécessaire afin qu'ils puissent participer. L'obtention d'une certification éthique (annexe 13) était nécessaire afin d'entamer le recrutement.

Les élèves participant à la recherche étaient sélectionnés à l'intérieur même des groupes-classes des enseignantes participantes. De plus, les élèves devaient provenir des groupes rencontrés lors des périodes d'observation. Bien que les élèves aient été choisis à l'intérieur des groupes observés, la participation aux entrevues devait se faire sur une base volontaire. Les élèves participants devaient être âgés d'au moins 14 ans. L'âge n'a pas représenté une difficulté puisque dès la troisième secondaire, de façon générale, les jeunes ont au moins cet âge. Pour les entrevues, les élèves devaient être ciblés par l'enseignante du groupe et ils devaient accepter de participer. Une demande a été placée auprès des enseignantes afin que parmi les élèves sélectionnés pour les entrevues, le niveau (fort ou faible) soit varié afin d'éviter d'avoir uniquement des élèves ayant des résultats élevés en mathématique.

3.2.2 Composition de l'échantillon

Au final, ce sont trois enseignantes qui se sont jointes à cette recherche. Les trois participantes enseignaient les mathématiques dans une école secondaire du Saguenay-

Lac-St-Jean. Pour chacune d'elles, un groupe-classe était sélectionné pour être observé et pour réaliser les entrevues avec les élèves. Les trois enseignantes réalisaient des activités de résolution de problèmes avec leurs élèves. À terme, il y a eu la participation d'un groupe de troisième secondaire et de deux groupes de quatrième secondaire. Le groupe de troisième secondaire provenait d'un profil pour les élèves ayant généralement de bons résultats académiques. Ce profil vise à développer les compétences des jeunes en les orientant dans un parcours à caractère scientifique, linguistique et culturel. Les deux groupes de quatrième secondaire étaient du profil Culture, société et technique, le profil associé aux mathématiques de niveau régulier.

En ce qui concerne les élèves, lors des observations, ce sont tous les élèves présents dans le groupe visité qui ont été considérés. Les élèves avaient cependant le choix d'être ou de ne pas être considéré pour la recherche. Dans le cas d'un refus, les interventions de l'élève en question auraient été ignorées. Tous les élèves ont accepté de participer pour les observations. Pour les entrevues, les enseignantes ont ciblé, en s'assurant que les jeunes étaient volontaires, chacune cinq élèves. Ce sont donc en tout 15 élèves qui ont réalisé une entrevue. Parmi les cinq élèves de chaque groupe, les enseignantes ont respecté la contrainte voulant qu'il y ait des élèves forts en mathématiques et d'autres éprouvant des difficultés.

3.3 Instruments employés pour la collecte de données

Afin d'obtenir un maximum d'informations pertinentes, quatre outils de collecte de données ont été utilisés : des entrevues avec les enseignantes, des périodes d'observation en classe, des entrevues avec les élèves et l'analyse des situations-problèmes utilisées.

Les entrevues avec les enseignantes permettront de répondre à la première question de cette recherche visant à identifier les stratégies didactiques utilisées pour amener les élèves à effectuer la liaison entre différents concepts mathématiques. Elles permettront aussi d'établir un portrait de départ des actions d'accompagnement pouvant être mises en place. Ces actions seront directement associées à la deuxième question de cette recherche voulant savoir de quelle façon les enseignants accompagnent leurs élèves lors d'une situation-problème. Les observations réalisées viendront bonifier cette analyse en documentant les différentes interactions émanant en salle de classe. Les entrevues avec les élèves pourront elles-aussi permettre d'identifier des actions d'accompagnement tout en venant répondre à la question secondaire voulant identifier le degré de liberté de ces derniers lors de la résolution d'un problème. Finalement, l'analyse des problèmes permettra de bien comprendre les tâches utilisées et les différents choix qui sont faits par les enseignantes. Les sections suivantes présenteront en détail les outils utilisés.

3.3.1 Entrevue individuelle avec les enseignantes

Une entrevue a été réalisée avec chacune des enseignantes participantes. Cette entrevue devait avoir lieu au tout début de la recherche afin de cibler le profil de chacune d'elles face à la résolution de problèmes. Les entrevues réalisées étaient de type semi-dirigé. Ce type d'entrevue permet de réunir une série de thèmes qui permettent d'étudier les dimensions désirées tout en permettant un déroulement adapté aux propos amenés par les participants (Savoie-Zajc, 2011). Merriam et Tisdell (2016) présentent plusieurs caractéristiques de l'entrevue semi-dirigée dont une flexibilité au niveau des questions, l'absence d'un ordre prédéterminé ainsi que le fait que la majeure partie de l'entrevue soit guidée par une liste de questions et de problèmes à explorer. Aussi, les questions utilisaient

un langage de tous les jours et étaient posées naïvement (sans l'apparence d'une arrière-pensée) comme le suggère Delamont (2012). Dans ce sens, en considérant tous ces facteurs, les entrevues réalisées avec les enseignantes ont pu se dérouler telle une discussion dans laquelle une liste précise d'éléments à aborder était préalablement déterminée. Ce fonctionnement a permis aux participantes de détailler et de s'ouvrir davantage sur certains éléments qui semblaient importants pour elles. Le guide d'entrevue pour les enseignantes est présent dans l'annexe 1.

Chacun des entretiens, que ce soit avec les enseignantes ou avec les élèves, a été enregistré sous format audio afin de pouvoir en faire la transcription. Aussi, des notes manuscrites ont été prises par l'étudiant chercheur tout au long des entretiens.

3.3.2 Observation de séances de résolution d'un problème

Deux périodes d'observation devaient avoir lieu pour chacune des enseignantes participantes. La pertinence de l'observation est de pouvoir comprendre le déroulement d'une situation en utilisant la posture des participants (Hatch, 2002). Lors de ces séances, l'étudiant-chercheur ne participait pas à l'action dans la salle de classe, mais en était témoin. Son rôle se limitait à la prise de notes sur le déroulement de l'activité dans le but d'influencer au minimum le déroulement de cette dernière.

Les principales données générées durant une période d'observation proviennent des notes prises par le chercheur sur le terrain (Hatch, 2002). C'est pourquoi une grille d'observation référençant les questions des élèves et les interventions des enseignantes a été utilisée tout au long des périodes d'observation. Cette grille d'observation est disponible

dans l'annexe 2. Le choix d'une grille d'observation non basée sur des critères et présentant autant de liberté se justifie par le fait qu'il n'était pas possible de prédire les interactions qui allaient émerger. Dans la mesure du possible, afin de bonifier la prise de notes, les séances d'observation ont été enregistrées en format audio afin d'augmenter les possibilités d'analyse.

3.3.3 Entrevue avec les élèves

Le but premier de l'entretien dans une recherche qualitative est de documenter l'expérience des participants, leur compréhension ainsi que le monde dans lequel ils évoluent (Josselson, 2013). C'est pourquoi, à la suite des observations, des entrevues avec les élèves ont été réalisées afin d'éclaircir la perception de ces derniers en lien avec la résolution de situations-problèmes. Ces entretiens avaient deux objectifs principaux : obtenir de l'information générale sur la résolution de situations-problèmes et questionner l'élève sur une situation-problème spécifique. La deuxième partie de l'entretien peut s'apparenter à ce que Vermersch (2014) nomme l'entretien d'explicitation. Le but premier de l'entretien dans une recherche qualitative est de documenter l'expérience des participants. En raison de différences entre les problèmes utilisés par chacune des enseignantes, les formulaires d'entretiens présentent quelques disparités. Ces formulaires sont tous disponibles dans les annexes 3, 4 et 5.

3.3.4 Analyse des situations-problèmes utilisées

Les situations utilisées par les enseignants sont aussi dignes d'intérêt. Que ce soit par la formulation du problème, par la disposition des éléments ou encore par la présentation

du cahier de réponse, ces détails ont été réfléchis par les enseignants et auront nécessairement un impact sur le travail des élèves. Ces situations constituent ce que Savoie-Zajc (2011) nomme du matériel écrit. L'analyse de ces éléments viendra se joindre aux autres données amassées. Les situations problèmes rencontrées tout au long de cette recherche sont aussi présentes dans les annexes 6, 7, 8, 9, 10 et 11.

3.4 Déroulement des différentes étapes de la collecte de données

Cette section présente le déroulement des différentes étapes sur le terrain. Les données ont été amassées tout au long de la période allant de janvier à mai (voir figure 3).

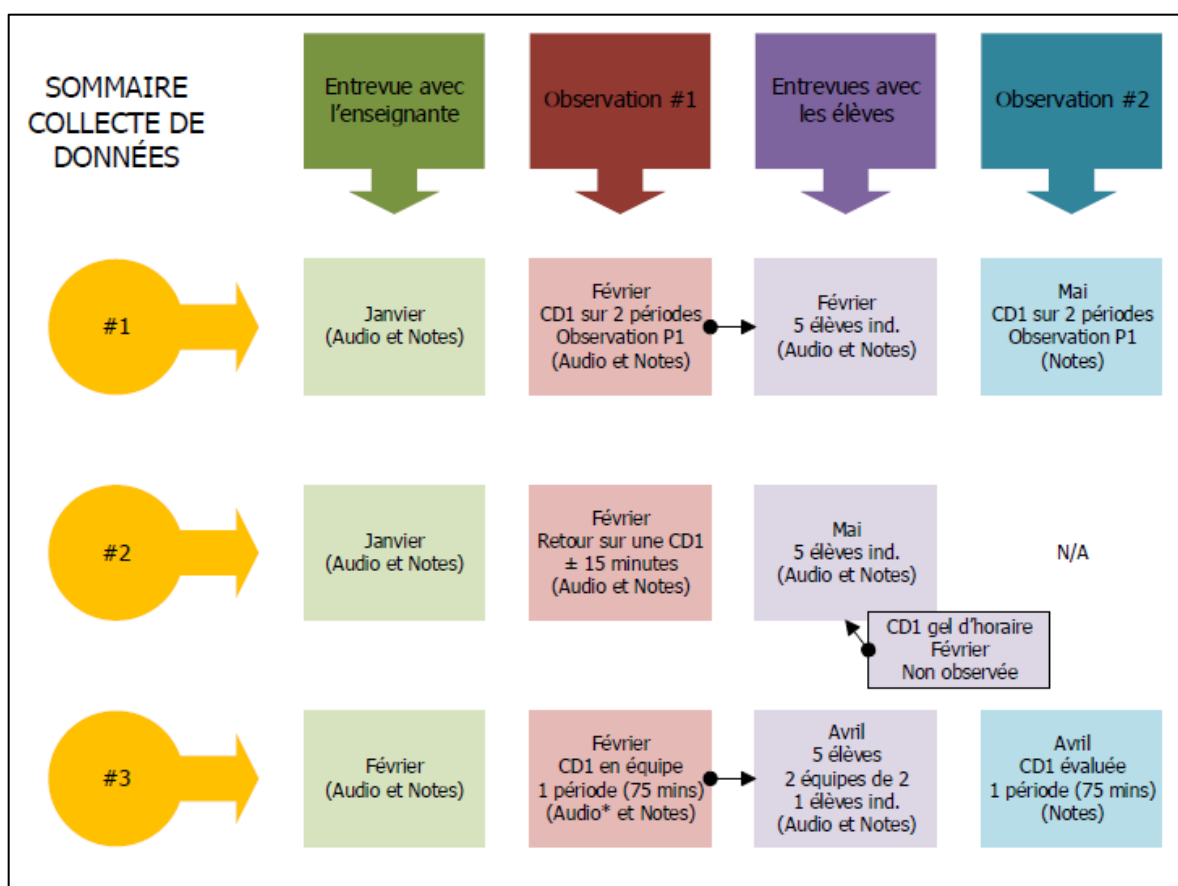


Figure 3 : Présentation des étapes de la collecte de données

La figure 3 présente tous les éléments recueillis pour chacune des enseignantes. Les flèches noires effectuent la liaison avec la situation-problème ayant servi de repère pour certaines questions des entrevues avec les élèves.

Pour la première enseignante, la première période d'observation a été effectuée lors d'une résolution de problème d'une durée totale de deux périodes (150 minutes). L'observation a visé la première période (75 minutes) de cette situation-problème. Un enregistrement au format audio est venu bonifier les notes du chercheur pour cette période d'observation. Une partie des questions de l'entrevue avec les élèves qui a suivi concernait cette situation-problème particulière. Le faible nombre d'occasions de résolution de problèmes ainsi que leur répartition à travers l'année scolaire (fin de deux étapes) explique la raison pour laquelle la deuxième observation a eu lieu plus tard dans l'année scolaire. La deuxième situation observée pouvait, elle aussi, être réalisée sur deux périodes et a été observée uniquement lors de sa première partie. La deuxième observation n'a pas fait l'œuvre d'un enregistrement au format audio étant donné que l'enseignant se déplaçait pour répondre aux élèves individuellement à leur bureau. Les notes d'observation de l'étudiant chercheur constituent donc la principale source de données pour cette observation. Comme le recommande Merriam et Tisdell (2016), les notes ont été transcrites tout de suite après l'observation afin d'éviter une perte de données occasionnée par un délai potentiel.

Dans le contexte précis de la deuxième enseignante, les situations-problèmes réalisées en classe font systématiquement l'objet d'une évaluation sommative. Les situations effectuées en pratique sont remises en tant que devoir qui doit être travaillé à la maison. De plus, lors des évaluations, les enseignants de cette école ne répondent pas aux questions afin de ne pas avantager certains élèves par rapport à d'autres. C'est pourquoi il

n'a pas été possible d'observer des séances de résolution de problèmes complètes. Cependant, il a été possible d'observer une unique séance de retour sur une situation-problème évaluée, d'une durée de 15 minutes, qui a fait l'œuvre d'un enregistrement au format audio ainsi que d'une prise de notes à l'aide de la grille d'observation de l'annexe 2. Les entrevues avec les élèves, quant à elles, abordaient une situation-problème qui a été réalisée au mois de février et qui n'a pas été observée puisqu'il s'agissait d'une situation d'évaluation. La planification de l'enseignante combinée à certains imprévus a déplacé l'entrevue des élèves au mois de mai. Ce délai a eu un effet négatif sur les entrevues puisque les élèves ne se souvenaient pas très bien de la situation-problème sur laquelle ils étaient questionnés malgré le fait que l'étudiant chercheur leur présentait leur démarche respective.

La première période d'observation réalisée auprès de la troisième enseignante a eu lieu dans un contexte de résolution de problèmes en équipe de deux. Bien que cette période ait fait l'œuvre d'un enregistrement audio, le bruit engendré par les discussions des élèves le rend pratiquement inutilisable. C'est pourquoi, les notes d'observation ont été transcrites tout de suite après cette période. Les entrevues subséquentes ont, elles aussi, dû être décalées dans le temps, en raison de contraintes de planification. La deuxième observation était réalisée dans un contexte d'évaluation où l'enseignante répondait tout de même aux questions des élèves. L'enseignante répondant individuellement aux élèves à leur place, l'observation a uniquement fait l'objet d'une transcription après l'entretien.

3.5 Démarche d'analyse des données

Selon Merriam et Tisdell (2016), l'analyse est le processus qui consiste à donner un sens aux données qui ont été amassées. Toujours selon ces auteurs, il s'agit d'un processus particulier qui consiste à de nombreux allers retours entre les données concrètes et les concepts abstraits, entre le raisonnement déductif et interprétatif ainsi qu'entre la description et l'interprétation. Une fois que des regroupements ont été effectués, le chercheur doit maintenant se questionner à savoir « Qu'est-ce que ceci signifie? Que doit-on comprendre de cela? Qu'est-ce que ceci nous apprend au sujet du phénomène? Comment cela se compare-t-il à ce qu'on l'on sait déjà? (Savoie-Zajc, 2011, p.139) » Autant de questions qui résument les préoccupations que devrait avoir le chercheur au moment de l'interprétation.

La première étape de la démarche d'analyse sera la transcription des enregistrements issus des entrevues et des observations. Bien que tout moyen ait ses limites, l'avantage des transcriptions est qu'elles rendent les données plus objectives et les uniformisent pour toutes les personnes qui les liront (Thouin, 2014). L'étape suivante sera la codification des données.

La codification de données qualitatives consiste à définir des catégories et à leur attribuer un code et une étiquette. Par exemple, un code et une étiquette pourraient être attribués à chaque réponse donnée par un enseignant au cours d'un entretien ou à chaque geste intéressant posé par un élève au cours de l'exécution d'une tâche. Cette codification se fait généralement à l'aide d'un logiciel d'analyse qualitative (exemples : QD-Miner, Atlas-ti, Nvivo, Weft-QDA, etc.) » (Thouin, 2014, p.169).

Dans le cadre de cette recherche, les données seront analysées à l'aide du logiciel Nvivo qui permettra de regrouper les éléments pertinents afin de faire émerger des catégories. Les éléments qui émergeront pourront être associés à ce que Paillé et Mucchielli (2016) nomment des catégories conceptualisantes. Ces dernières permettent de dénombrer

des phénomènes qui sont perceptibles à travers la lecture des données de recherche. Dans le cas de cette recherche, ces catégories concerneront principalement des interventions d'enseignants ainsi que des difficultés particulières des élèves.

Merriam et Tisdell (2016) présentent la vue d'ensemble des données et des analyses comme s'il s'agissait d'une forêt dans laquelle les arbres seraient les éléments individuels et les particularités observées. Durant les premières étapes de la codification, ces auteurs précisent qu'il faut réfléchir au niveau des arbres en cherchant à cibler et à identifier, par un mot ou un thème, la moindre donnée qui pourrait être rattachée aux questions ou aux objectifs de recherche. Puis, une fois plusieurs « arbres » créés, il faut maintenant réfléchir au niveau de la forêt en cherchant à faire émerger les principaux constats, les grands thèmes émergents et les réponses aux questions de recherche.

C'est donc ainsi que l'analyse des données de cette recherche se déroulera, soit en débutant d'abord par la transcription des enregistrements puis en cherchant à faire émerger les différents éléments pertinents au regard du projet. Une fois ces éléments ciblés, il sera ensuite le temps de faire émerger les grandes lignes directrices qui mèneront l'étudiant-chercheur vers les réponses aux questions de recherche.

Bardin (2013) précise que le processus de catégorisation peut employer deux différentes démarches : débiter par des « boîtes » dans lesquelles les éléments sont répartis au fur et à mesure ou procéder à une classification progressive des éléments selon ce qui émerge durant l'analyse de ces derniers. La deuxième méthode peut s'apparenter au fait de créer des regroupements avec les éléments rencontrés. Dans le cadre de l'analyse de ce mémoire, les entretiens seront tout d'abord analysés avec la méthode des « boîtes »

dans lesquelles les catégories seront représentées par les questions d'entretiens auxquelles les réponses à ces dernières seront associées. À l'étape suivante, ce sera tous les entretiens et les observations qui seront analysés selon la méthode des regroupements. Les interventions prendront naissance au fur et à mesure que les éléments seront rencontrés. Cette méthode est la meilleure puisqu'il n'est pas possible de prédire les interventions qui pourraient émerger de l'analyse des données.

Enfin, un tel travail de recherche doit respecter certains critères afin d'être pertinent au regard du monde scientifique. La recherche doit être conduite rigoureusement et les conclusions doivent paraître vraies pour les lecteurs, les praticiens et les autres chercheurs qui la consulteront (Merriam & Tisdell, 2016). La recherche doit donc faire preuve de crédibilité et de fiabilité (Savoie-Zajc, 2011). Cette recherche est réalisée avec l'objectif de respecter tous ces critères.

CHAPITRE 4

PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS

Ce chapitre présentera tous les aboutissants des différents outils de collecte de données qui ont été utilisés. La première partie concerne la présentation des problèmes qui ont été rencontrés tout au long de cette recherche. La partie suivante du chapitre abordera les stratégies didactiques rencontrées dans le cadre de ce travail de recherche, qui favorisent la création de liens entre plusieurs savoirs mathématiques. Cette partie est donc directement rattachée à la première question de recherche présentée au premier chapitre. La troisième section permettra de mieux comprendre le contexte d'utilisation des problèmes en salle de classe par les enseignantes ainsi que les attentes qu'elles placent quant au travail des élèves. Finalement, la quatrième section abordera les actions d'accompagnement des enseignantes qui ont été rencontrées et qui permettent aux élèves d'évoluer à travers la résolution de leurs situations-problèmes.

4.1 Les problèmes utilisés par les enseignantes

Tout au long de cette recherche ce sont en tout six problèmes complexes qui ont été rencontrés, soit deux par enseignantes. Le tableau 4 de la page suivante présente les informations pertinentes sur chacun de ces problèmes. Il mentionne d'abord leur titre ainsi que l'annexe dans lequel on peut le retrouver dans cet ouvrage. Le niveau concerné est aussi indiqué afin de pouvoir cibler correctement la clientèle visée par le problème. Ces problèmes ont été utilisés dans deux contextes différents, qui peuvent être identifiés dans le tableau 3 : pour la pratique en prévision d'une évaluation à venir ou encore directement comme évaluation. Le temps accordé à chacun des problèmes, qui varie de l'un à l'autre, est aussi présent dans ce tableau. Finalement, la dernière ligne permet de cibler les grandes

familles de concepts mathématiques qui étaient présents dans chacun de ces problèmes. Dans le but de fournir davantage de détails concernant les concepts mathématiques rencontrés dans chaque problème, l'annexe 12 permet d'identifier chacun des savoirs, tels qu'ils sont présents dans la progression des apprentissages (MEES, 2016).

Il est donc possible d'observer que, dans un premier temps, les problèmes rencontrés en troisième secondaire avec l'enseignante #1 ont été utilisés dans un contexte d'apprentissage en prévision d'une évaluation à venir. Les élèves pouvaient ainsi s'exercer avec ce type d'épreuves. Les enseignantes #2 et #3, toutes deux en quatrième secondaire, ont été visitées lors de problèmes réalisés dans un contexte d'évaluation. En ce qui concerne les différents champs des mathématiques impliqués dans les problèmes complexes, l'algèbre et la géométrie sont les champs qui sont les plus utilisés pour ce type de tâches. Ces derniers sont présents dans cinq problèmes sur les six rencontrés.

Ces problèmes sont pertinents dans le cadre de cette recherche étant donné le fait qu'ils représentent tous des tâches complexes, c'est-à-dire que la solution n'est pas accessible directement pour les élèves et qu'ils contiennent un ou plusieurs obstacles pour être résolus.

Tableau 4 : Présentation des problèmes

	Enseignante #1		Enseignante #2		Enseignante #3	
Numéro	1	2	3	4	5	6
Titre du problème	Le camping (annexe 6)	Enfin, la fête! (annexe 7)	Chasse aux trésors (annexe 8)	Indiana Jones : L'archéologue (annexe 9)	À la découverte de l'Abitibi (annexe 10)	Fouilles de sauvetage (annexe 11)
Niveau concerné	3 ^e secondaire	3 ^e secondaire	4 ^e secondaire (séquence CST)	4 ^e secondaire (séquence CST)	4 ^e secondaire (séquence CST)	4 ^e secondaire (séquence CST)
Contexte en classe	Apprentissage	Apprentissage	Évaluation	Évaluation	Évaluation	Évaluation
Temps accordé	2 x 1h15	2 x 1h15	0h15 + 1h15	1 x 3h	1 x 1h15	1 x 1h15
Champs mathématiques impliqués	Algèbre Géométrie	Algèbre Géométrie	Algèbre Géométrie Géométrie analytique	Algèbre Statistiques Géométrie Géométrie analytique	Algèbre Géométrie analytique	Géométrie

4.2.1 Problèmes de l'enseignante #1

4.2.1.1 Premier problème : Le camping (annexe 6)

Situation de départ :

Pour encourager les familles à fréquenter son camping, le propriétaire du terrain a acheté des jeux et prévoit faire un parc d'amusements. Comme il ne peut pas agrandir son terrain, le propriétaire devra utiliser un certain nombre d'emplacements existants pour installer ces jeux. Ces emplacements ne pourront plus être loués, ce qui entraînera une perte de revenu de location. Le propriétaire veut connaître le nombre d'emplacements qui devront être utilisés pour l'installation de ces jeux ainsi que les frais d'achat et d'installation reliés à ce projet.

Pour lui permettre d'atteindre ses objectifs, le propriétaire du camping vous demande d'indiquer les dimensions sur le plan final et de déterminer le nombre d'emplacements qui devront être utilisés pour l'installation de ces jeux. Il voudrait également connaître les coûts d'achat et d'installation de ces jeux, ainsi que la perte de revenus de location associée à ce projet pour la prochaine saison.

Le schéma de la figure 4 présente la dépendance et l'ordre dans lequel les différentes étapes peuvent être réalisées. Bien qu'il y ait une prédominance d'une séquence particulière à respecter, l'élève pourrait tout de même faire certains choix au niveau de l'ordre d'exécution. Avant d'entamer les calculs reliés aux différents coûts, il est nécessaire de déterminer les dimensions de chacun des quatre jeux. Il n'y a pas d'importance quant à l'ordre dans lequel les dimensions des jeux doivent être trouvées. Une fois ces dimensions déterminées, les étapes suivantes concernent les dimensions totales du terrain et le coût associé à la membrane caoutchoutée. Après avoir trouvé les dimensions du terrain, l'élève peut déterminer la quantité de gazon nécessaire et le nombre d'emplacements qui devront être utilisés. Finalement, avec le nombre d'emplacements, il est possible de déterminer la perte de revenu engendré ainsi que les coûts de préparation. La particularité de ce problème est donc d'avoir plusieurs étapes préalables à d'autres. La résolution de ce problème n'est pas uniquement linéaire. Par contre, la structure du cahier de réponse (voir annexe 6), soit le positionnement de plusieurs cases toutes identifiées par un sous-titre, vient imposer à l'élève un ordre précis dans lequel les étapes seront réalisées.

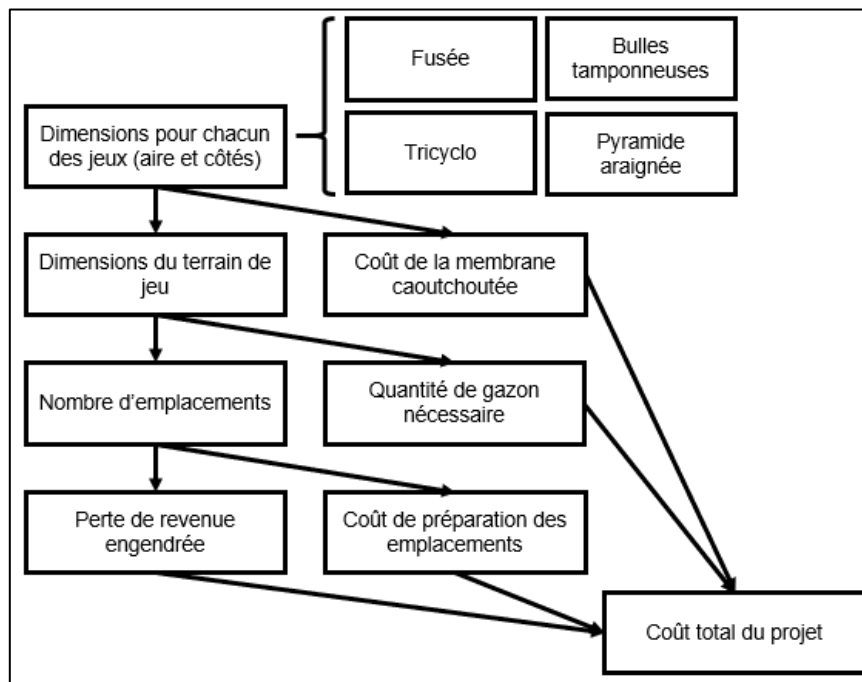


Figure 4 : Schéma de la situation-problème : Le camping

Dans le cas de ce premier problème, les obstacles qui peuvent être rencontrés sont les suivants :

- Considérer la présence d'une grande quantité d'informations dans l'énoncé du problème;
- Ne pas omettre d'ajouter le contour à la base de la pyramide pour le jeu de la *pyramide araignée*;
- Reconnaître le besoin d'utiliser la formule de Pythagore pour trouver la mesure de la moitié du côté de la *pyramide araignée*;
- Reconnaître que la longueur d'une rotation d'une boule correspond à sa circonférence pour le jeu des *bulles tamponneuses*;
- Ne pas omettre, lors du calcul de la perte d'argent engendré, que le camping n'est pas complet à l'année (seulement 54 jours).

Le premier obstacle impressionnant pour un élève attaquant ce problème est la grande quantité d'informations. L'énoncé du problème et les informations à considérer se répartissent en tout sur trois pages et demie. De petits détails peuvent aussi venir fausser le résultat s'ils sont négligés, comme c'est le cas pour le contour qu'il faut ajouter au jeu de la pyramide et que le camping est complet seulement pendant 54 jours lors du calcul final. Un obstacle important, qui a été observé lors de la période de travail sur ce problème, concerne le passage suivant :

« La zone de jeu doit être assez longue et assez large pour qu'une bulle pour adulte puisse faire au moins 3 rotations en longueur et au moins 1 rotation en largeur. »

Cette information demande aux élèves de comprendre qu'une rotation de la bulle représente la mesure de sa circonférence, ce qui n'est pas un raisonnement qui semble s'effectuer facilement pour eux.

Exemple de solution du problème :

<p>La fusée Données du problème : « L'apothème du pare-soleil mesure 2,5 m. » « L'aire de la toile formant le pare-soleil est de 15,7079 m². »</p> $15,7079 = \pi \cdot r \cdot 2,5 \rightarrow r \approx 2 \text{ m}$ $\pi r^2 \approx 12,57 \text{ m}^2$	<p>[Concept : Aire latérale]</p> <p>(Isoler «r» à partir de l'aire latérale : $\pi r a$) (Aire (πr^2) de la base du cylindre)</p>
<p>La pyramide araignée Données du problème : « Une bande de membrane de 1,35 m de large est installée autour de la base de la pyramide. » « L'apothème de la pyramide est de 5,6 m. » « Chaque arête latérale de la pyramide mesure 6 m. »</p> $\sqrt{6^2 - 5,6^2} \approx 2,15 \text{ m}$ $2(2,15) + 2(1,35) = 7 \text{ m}$ $7 \times 7 = 49 \text{ m}^2$	<p>[Concept : Pythagore]</p> <p>(Mesure 1/2 base pyramide par Pythagore) (Mesure d'un côté du jeu) (Aire du jeu : carré)</p>

<p>Le tricyclo</p> <p>Données du problème :</p> <p>« Le volume d'eau dans le bassin est de 98 kl. » « Dans le bassin, l'eau atteint une hauteur de 50 cm. »</p> $98 \text{ kl} = 98 \text{ m}^3 \text{ et } 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ $98 \div 0,5 = 196 \text{ m}^2$ $\sqrt{196} = 14 \text{ m}$	<p>[Concept : Volume]</p> <p>(Conversion des unités de mesure) (Aire de la base à partir du volume prisme) (Mesure d'un côté à partir de l'aire)</p>
<p>Les bulles tamponneuses</p> <p>Données du problème :</p> <p>« Les chambres à air d'une bulle pour enfant ont une épaisseur de 20 cm. » « Les chambres à air d'une bulle pour adulte ont une épaisseur de 30 cm. » « La sphère extérieure d'une bulle pour enfant a un volume de 905 dm³. » « La zone de jeu est rectangulaire et doit avoir une aire de 102 cm². » « La zone de jeu doit être assez longue et assez large pour qu'une bulle pour adulte puisse faire au moins 3 rotations en longueur et au moins 1 rotation en largeur. »</p> $k^1 = 30/20 = 3/2$ $k^3 = (k^1)^3 = (3/2)^3 = 27/8$ $\frac{27}{8} = \frac{x}{905} \rightarrow x = 3054,375 \text{ dm}^3$ $3054,375 = \frac{4\pi r^3}{3} \rightarrow r \approx 9 \text{ dm} = 0,9 \text{ m}$ $c = 0,9 \times \pi \times 2 \approx 5,65 \text{ m}$ $3(5,65) = 16,95 \text{ m}$ $6 \times 17 = 102 \text{ m}^2$	<p>[Concepts : Solides semblables et volume]</p> <p>(Rapport de similitude : épaisseurs) (Rapport de volume) (Volume de la bulle adulte) (Isoler «r» dans la formule de volume : $\frac{4\pi r^3}{3}$) (Circonférence bulle adulte) (Longueur pour trois rotations) (Choix de dimensions pour la zone de jeu)</p>
<p>Dimensions du terrain de jeu</p> <p>Donnée du problème :</p> <p>« Afin de permettre la circulation des jeux, une distance minimale de 1 m devra séparer les jeux l'un de l'autre et séparer les jeux des limites du terrain de jeux. »</p> $1 + 14 + 1 = 16$ $1 + 14 + 1 + 17 + 1 = 34$	<p>(Mesure de la largeur) (Mesure de la longueur)</p>
<p>Nombre d'emplacements</p> <p>Donnée du problème :</p> <p>« Les jeux seront installés sur des emplacements pour tentes situés entre les chemins du Geai et du Chardonneret. Ces emplacements sont isométriques et carrés. Leurs côtés mesurent chacun 8,5 m. »</p> $34 \div 8,5 = 4 \text{ emplacements}$ $17 \div 8,5 = 2 \text{ emplacements}$ $2 \times 4 = 8 \text{ emplacements}$	<p>(Nombre d'emplacements sur la longueur) (Nombre d'emplacements sur la largeur) (Nombre total d'emplacements)</p>
<p>Coût de la perte de revenu engendrée par le nombre de terrains en moins</p> <p>Données du problème :</p> <p>« Le terrain de camping comprend actuellement 84 emplacements de location pour tentes qui sont loués 27\$ par nuit. » « Le camping est ouvert 150 jours par année et affiche complet 54 jours durant la période d'ouverture. Durant les 96 autres jours, seulement 42 emplacements pour tentes sont loués. »</p> $27 \times 8 = 216 \$$ $216 \times 54 = 11\,664 \$$	<p>(Perte de revenu pour une nuit) (Perte totale de revenu)</p>

Coût de la préparation des emplacements	
Donnée du problème : « Avant d'installer les jeux, il faudra préparer les emplacements nécessaires en enlevant les arbres et en nivelant le sol. Le coût de cette préparation est de 100 \$ par emplacement. »	
$8 \times 100 = 800\$$	(Coût de préparation pour 8 emplacements)
Quantité et coût de membrane caoutchoutée	
Données du problème : « La membrane caoutchoutée est fabriquée sur mesure. Son coût est de 25 \$ le m^2 . » « La pyramide est installée sur une membrane caoutchoutée qui fait partie du jeu. » Les bulles tamponneuses : « La zone de jeu est recouverte d'une membrane caoutchoutée. »	
$49 + 102 = 151 m^2$	(Surface totale)
$151 \times 25 = 3775 \$$	(Coût total de la membrane)
Quantité et coût de gazon	
	[Concept : Fonction du premier degré]
Données du problème : « Certains jeux seront installés directement sur la terre ; les autres seront fixés sur une membrane caoutchoutée. L'espace libre autour des jeux sera gazonné. » « Une entreprise vend et installe du gazon. Le prix demandé comprend un montant fixe auquel s'ajoute un montant proportionnel à l'aire à couvrir. La table de valeurs ci-contre montre le prix demandé pour le gazonnement de différentes aires à couvrir. » (Annexe 6 : page 2 du problème)	
$16 \times 34 = 544 m^2$	(Surface totale de la zone)
$544 - (12,57 + 49 + 102 + 196) = 184,43 m^2$	(Surface à couvrir où il n'y a pas de jeu)
$a = \frac{1650 - 1125}{375 - 250} = \frac{525}{125} = 4,2$	(Taux de variation : $y = ax + b$)
$1650 = 4,2(375) + b \rightarrow b = 75$	(Valeur de « b » avec (375,1650))
$y = 4,2(184,43) + 75 \approx 849,61 \$$	(Coût total pour le gazon)
Coût total de l'aménagement	
Donnée du problème : « Le propriétaire a déboursé 8 610 \$ pour acheter quatre jeux : la fusée, la pyramide araignée, le tricyclo et les bulles tamponneuses. »	
$849,61 + 3775 + 800 + 8610 + 11664$	(Somme des coûts calculés précédemment)
$= 25698,61\$$	

4.2.1.2 Deuxième problème : Enfin la fête! (annexe 7)

Situation de départ :

Charlotte et Simon ont décidé de faire une grosse fête avec leurs amis. Hé! Pourquoi ne pas en profiter pour s'unir officiellement! Les noces seront célébrées à l'extérieur, donc il faut tout prévoir en cas de pluie... ou de soleil trop ardent.

Ils ont l'intention de monter un abri pour recevoir leurs invités, de leur offrir un cocktail de bienvenue, de faire installer des tables et des couverts, d'avoir un traiteur pour le repas et, enfin, d'offrir un petit cadeau surprise à leurs invités.

Plus ils progressent dans l'élaboration du projet, plus Charlotte et Simon s'aperçoivent que tous ces projets finissent par coûter cher!

Alors en consommateurs avertis, sans être trop radins, ils devront choisir les meilleures offres. Ils doivent donc magasiner et trouver les meilleurs coûts pour l'ensemble de l'événement.

Bien que le descriptif de la tâche présente les informations dans un ordre précis, en allant jusqu'à utiliser une numérotation, il en est tout autre lorsqu'il est temps de résoudre ce problème puisque cet ordre est loin d'être obligatoire. La figure 5 présente la dépendance de chacune des étapes. Le calcul des différents coûts liés à divers aspects du mariage peut se faire de façon indépendante, et ce, pour toutes les facettes. Les élèves pourraient donc tous emprunter un ordre différent avant d'arriver au calcul du coût total. Bien entendu, cette étape doit être réalisée après toutes les autres étant donné qu'il n'est pas possible de déterminer ce coût total sans avoir le coût de chacune des parties individuelles. Une fois le coût total déterminé, il ne reste plus qu'à identifier quel projet sera privilégié en fonction du surplus réalisé.

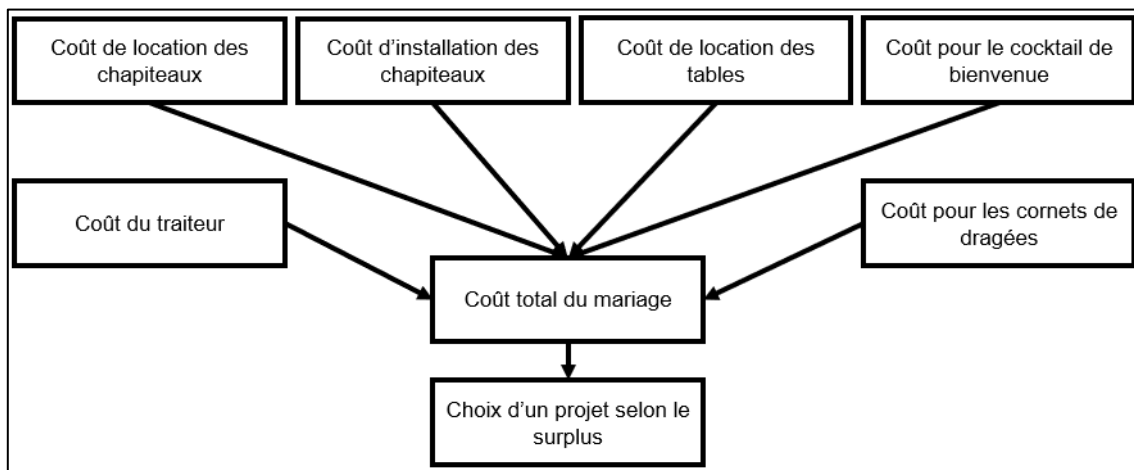


Figure 5 : Schéma de la situation-problème : Enfin la fête

Parmi les obstacles pouvant être rencontrés avec ce problème, on retrouve :

- Considérer la présence d'une grande quantité d'informations dans l'énoncé du problème;
- Reconnaître que l'installation des chapiteaux fait référence à une fonction de variation inverse;
- Traduire des équations algébriques pour la location des tables et voir qu'il est nécessaire de résoudre un système d'équations.

Ce problème demande tout de même de devoir réfléchir afin de déterminer comment solutionner une partie de ce dernier. Tout comme pour le précédent, celui-ci présente un grand nombre d'informations qui constituent un énoncé d'une longueur de 5 pages. Cependant, la division des informations sur ces pages est telle qu'il est simple de déterminer les étapes qu'il faut réaliser : les informations sont placées dans l'ordre. Il serait donc possible de solutionner le problème dès la première lecture en se limitant à la succession des informations.

Exemple de solution du problème :

Location des chapiteaux	[Concept : Volume de solides semblables]
Données du problème :	
« Un chapiteau se loue 72 \$ l'unité. »	
« La hauteur totale du chapiteau est de 5 mètres. »	
« La section du bas du chapiteau est un prisme droit à base carrée de 6 mètres de côté et de 3,1 mètres de hauteur. »	
« Une pyramide droite surmonte le prisme de la section du bas. »	
$6 \times 6 \times 3,1 = 111,6 \text{ m}^3$	(Volume du bas : prisme)
$(6 \times 6 \times 1,9) \div 3 = 22,8 \text{ m}^3$	(Volume du haut : pyramide)
$111,6 + 22,8 = 134,4 \text{ m}^3$	(Volume total d'un chapiteau)
$134,4 \div 4 = 33,6 \rightarrow 33 \text{ personnes}$	(Nombre de personnes par chapiteau)
$168 \div 33 \approx 5,1 \rightarrow 6 \text{ chapiteaux}$	(Nombre de chapiteaux)
$6 \times 72 = 432 \$$	(Coût de la location)

Installation des chapiteaux

[Concept : Fonction rationnelle]

Données du problème :

« L'installation des chapiteaux doit se faire le plus vite possible le samedi matin entre 9h30 et 12h00, car le traiteur arrivera vers 12h00. Étant donné que Charlotte et Simon fournissent le dîner aux employés, ils demandent d'avoir le nombre minimal d'employés. »

« Voici un tableau représentant le temps requis par employé en heures pour l'installation des chapiteaux selon le nombre d'employés. » (Annexe 7 : page 3 du problème)

« Chaque employé demande 10 \$ la demi-heure pour l'installation et on paiera 12 \$ pour le dîner de chaque employé. »

$$12 - 9,5 = 2,5 \text{ heures}$$

$$1 \times 10 = 10 \text{ et } 2 \times 5 = 10 \rightarrow k = 10 \rightarrow y = \frac{10}{x}$$

$$y = \frac{10}{2,5} = 4 \text{ employés}$$

$$(4 \times 12) + (4 \times (2,5 \times 2) \times 10) = 248 \$$$

(Règle : Fonction rationnelle ($y = \frac{k}{x}$))

(Nombre d'employés à partir de la règle)

(Coût total : taux horaire et dîner)

Location des tables

[Concept : Système d'équations]

Données du problème :

« La compagnie C'est la fête demande 49 \$ par table. »

« La compagnie Brin de folie demande 38 \$ par table et un prix de base de 264 \$. »

« Charlotte et Simon s'aperçoivent que le coût pour le nombre de tables dont ils ont besoin sera exactement le même chez les deux compagnies. »

$$y = 49x$$

$$y = 38x + 264$$

$$38x + 264 = 49x \rightarrow 24 = x$$

$$y = 49(24) = 1176$$

$$1176 \$$$

(Règle pour la compagnie : C'est la fête)

(Règle pour la compagnie : Brin de folie)

(Résolution du système pour trouver «x»)

(Trouver «y» à partir d'une des deux règles)

(Coût pour la location des tables)

Cocktail de bienvenue

[Concepts : Volume demi-boule et cône]

Données du problème :

« Charlotte et Simon veulent offrir un verre de bienvenue à leurs invités. Ils considèrent qu'offrir une coupe remplie à 3 cm du bord respecte l'éthique des bonnes manières. »

« Ils doivent choisir un modèle parmi les deux coupes à cocktail suivantes : La coupe Tulipe ou la coupe Lys. Voici l'illustration des deux coupes possibles. » (Annexe 7 : page 4 du problème)

« Charlotte et Simon veulent dépenser au plus 800 \$ pour acheter des bouteilles de Nectar Sublime. Le Nectar Sublime est un cocktail déjà préparé dont les bouteilles ont un format unique d'une capacité de 750 ml. Elles coûtent 20 \$ chacune. Il faut aussi prévoir 2 bouteilles de plus pour les imprévus. »

« Charlotte et Simon comptent 168 invités en tout pour leurs noces. »

« Notes : Tous les calculs se font à partir du nombre d'invités sans inclure les mariés. »

$$\frac{4\pi(4,5)^3}{6} \approx 190,85 \text{ cm}^3 = 190,85 \text{ ml}$$

(Capacité coupe Tulipe : demi-boule ($\frac{4\pi r^3}{6}$))

$$\frac{\pi(3,6)^2 \cdot 12}{3} \approx 162,86 \text{ cm}^3 = 162,86 \text{ ml}$$

(Capacité coupe Lys : cône ($\frac{\pi r^2 h}{3}$))

Choix de la coupe Lys pour sa plus petite capacité

$$168 \times 162,86 = 27360,48 \text{ ml}$$

(Quantité total de Nectar)

$$27360,48 \div 750 \approx 36,48 \rightarrow 37 \text{ bouteilles}$$

(Nombre de bouteilles de 750 ml)

$$37 + 2 = 39 \text{ bouteilles}$$

(Ajout des 2 bouteilles supplémentaires)

$$39 \times 20 = 780 \$$$

(Coût total pour les bouteilles)

Traiteur [Concept : Fonction du premier degré]

Données du problème :

« Pour le repas, Charlotte et Simon ont le choix entre 3 traiteurs. »

« 1^{er} traiteur : La clef des prés. Ci-contre, un graphique représentant le coût en dollars selon le nombre de personnes. » (Annexe 7 : page 4 du problème)« 2^e traiteur : Manon et ses p'tits plats. Ce traiteur demande un montant de base fixe et un coût par personne. Les informations données sont les suivantes. » (Annexe 7 : page 5 du problème)« 3^e traiteur : Le pied de biche. Ce traiteur demande 35 \$ du couvert sans aucun frais de base. »

« Charlotte et Simon comptent 168 invités en tout pour leurs noces. »

« Notes : Tous les calculs se font à partir du nombre d'invités sans inclure les mariés. »

$$b = 300 \quad (\text{Ordonnée à l'origine dans graphique})$$
$$6900 = a(200) + 300 \rightarrow 33 = a \quad (\text{Isoler «a»})$$
$$y = 33(168) + 300 = 5844 \$ \quad (\text{Coût total pour le 1^{er} traiteur})$$

$$a = \frac{3500 - 1800}{100 - 50} = \frac{1700}{50} = 34 \quad (\text{Taux de variation : Fonction premier degré})$$
$$y = 34x + b \rightarrow 5200 = 34(150) + b \rightarrow b = 100 \quad (\text{Valeur de «b» à partir du couple : (150,5200)})$$
$$y = 34(168) + 100 = 5812 \$ \quad (\text{Coût total pour le 2^e traiteur})$$

$$35 \times 168 = 5880 \$ \quad (\text{Coût total pour le 3^e traiteur})$$

Cornets de dragées [Concept : Aire latérale]

Données du problème :

« Charlotte et Simon comptent offrir une petite surprise à chacun de leurs invités. Un cornet de dragées en forme de cône sera placé devant leurs assiettes. Pour cela, ils fabriqueront 168 cônes en cellophane. »

« Les cônes sont ouverts en leur extrémité. »

« Il faut ajouter un coût de 150 \$ pour l'achat des dragées afin de remplir tous les cornets. »

« Au total, on compte 25 % de perte de cellophane lors du découpage dans les feuilles pour fabriquer les cônes. »

« Le cellophane se vend 5,64 \$ en feuille rectangulaire de 30 cm de largeur par 8 mètres de longueur. »

$$\pi \cdot 4,5 \cdot 20 \approx 282,74 \text{ cm}^2 \quad (\text{Aire latérale du cône})$$
$$282,74 \times 168 = 47\,500,32 + 25\% \quad (\text{Quantité totale de cellophane requise})$$
$$= 59\,375,4 \text{ cm}^2$$
$$30 \times 800 = 24\,000 \text{ cm}^2 \quad (\text{Aire d'une feuille de cellophane})$$
$$59\,375,4 \div 24\,000 \approx 2,47 \rightarrow 3 \text{ feuilles} \quad (\text{Nombre de feuilles nécessaires})$$
$$3 \times 5,64 \$ = 16,92 \$ \rightarrow 16,92 + 150 = 166,92 \$ \quad (\text{Coût total pour les dragées})$$

Coût total

Donnée du problème

« Charlotte et Simon comptent 168 invités en tout pour leurs noces et ont un budget de 12 000 \$. »

$$166,92 + 5812 + 780 + 1176 + 248 + 432 \quad (\text{Somme des dépenses})$$
$$= 8\,614,92$$

$$12\,000 - 8\,614,92 = 3\,385,08 \$ \quad (\text{Montant restant})$$

Choix du projet : Projet C

4.2.2 Problèmes de l'enseignante #2

Le premier problème (*Chasse aux trésors* : annexe 8) rencontré avec cette enseignante a été réalisé en classe dans un contexte d'évaluation où les jeunes avaient 75 minutes pour répondre au problème. Ils avaient eu, au cours précédent, un délai de 15 minutes pour effectuer leur première lecture.

Situation de départ :

Le camp où vous êtes animateur organise une chasse aux trésors pour les 45 enfants qui y sont inscrits. Le budget alloué à cette activité est de 200\$. Ce budget prévoit l'achat d'une banderole, de foulards et de trésors ainsi que la plastification de cartes d'indices. Les coûts indiqués incluent les taxes.

Votre tâche consiste à déterminer le nombre de gros trésors que votre budget vous permet d'acheter et fournir les coordonnées des emplacements où vous choisissez de les cacher.

Pour résoudre ce problème, il faut d'abord déterminer le coût associé à la banderole, aux foulards ainsi qu'aux cartes d'indices. Comme le montre la figure 6, il n'y a pas d'importance quant à savoir lequel de ces trois coûts doit être déterminé en premier. Cependant, ils doivent tous être identifiés avant de passer à l'étape suivante concernant le calcul du montant restant dans le budget. C'est à partir de cette information qu'il est possible d'identifier le nombre de gros trésors qui seront répartis sur le site et de planifier ensuite leur emplacement.

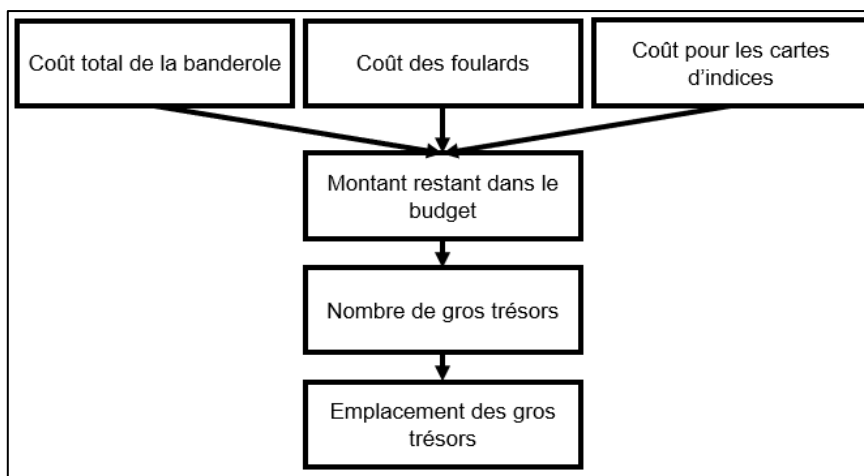


Figure 6 : Schéma de la situation-problème : Chasse aux trésors

Les obstacles perceptibles dans cette tâche sont les suivants :

- Ne pas omettre d'ajouter deux mètres à la longueur de la banderole après avoir calculé la distance entre les points R et B.
- Utiliser la bonne fonction associée au bon intervalle pour calculer le coût des foulards.
- Reconnaître qu'il fallait vérifier les emplacements possibles des trésors en s'assurant qu'ils étaient positionnés sur la droite parallèle au sentier passant par le point (60, 50).

Le temps accordé à la résolution de ce problème étant plus court, il est normal de retrouver une tâche beaucoup moins imposante que pour les problèmes rencontrés avec l'enseignante #1. Les principaux obstacles potentiels sont associés à des informations que l'élève pourrait oublier de considérer dans sa démarche afin d'obtenir la bonne réponse.

Exemple de solution du problème :

<p>Banderole</p>	<p>[Concepts : Point de partage, distance entre deux points et fonction escalier]</p>
<p>Données du problème :</p> <p>« Pour indiquer la ligne de départ de la chasse aux trésors, une banderole sera tendue entre les arbres R et B. La longueur de la banderole achetée doit être de 2 mètres de plus que la distance entre les arbres R et B. Ces mètres supplémentaires serviront à attacher la banderole aux arbres. »</p> <p>« La chasse aux trésors a lieu dans un parc municipal. Ce parc est représenté dans le plan cartésien ci-contre par le pentagone OPQRS. Ce plan est gradué en mètres. » (Annexe 8 : page 1 du problème)</p> <p>« Le point B est situé au $\frac{1}{3}$ de la distance entre C et Q, et ce, à partir de C. »</p> <p>« Le coût d'un mètre de banderole dépend du nombre de mètres achetés. Voici l'information concernant le coût de la banderole. » (Annexe 8 : page 1 du problème)</p>	
$x = 0 + \frac{1}{3}(108 - 0) = 0 + 36 = 36$ $y = 9 + \frac{1}{3}(144 - 9) = 9 + 45 = 54$ <p style="text-align: center;">$B(36,54)$</p> $d(B,R) = \sqrt{(108 - 36)^2 + (24 - 54)^2} = 78$ $78 + 2 = 80 \text{ m}$ $80 \rightarrow 0,20 \text{ \$ par mètre}$ $80 \times 0,20 = 16 \text{ \$}$	<p>(Coordonnée X du point B)</p> <p>(Coordonnée Y du point B)</p> <p>(Coordonnées du point B)</p> <p>(Distance entre le point B et le point R)</p> <p>(Longueur de banderole requise)</p> <p>(Prix sélectionné à partir du graphique)</p> <p>(Coût total de la banderole)</p>
<p>Foulards</p>	<p>[Concept : Fonction définie par parties]</p>
<p>Données du problème :</p> <p>« Durant la chasse aux trésors, chaque enfant porte un foulard aux couleurs de son équipe. Une couturière confectionne les 45 foulards nécessaires. La fonction f décrite ci-dessous permet de calculer le coût total des foulards selon le nombre de foulards confectionnés. » (Annexe 8 : page 2 du problème)</p> <p style="text-align: center;"><i>Puisque $45 \geq 20$ la règle utilisée sera : $0,6x + 28$</i></p> $0,6(45) + 28 = 55 \text{ \$}$ <p style="text-align: right;">(Coût pour la confection des foulards)</p>	
<p>Cartes d'indices</p>	<p>[Concept : Relations métriques]</p>
<p>Données du problème :</p> <p>« Des cartes fournissant des indices aux participants sont placées à différents endroits sur le terrain de la chasse aux trésors. Chaque carte a la forme d'un triangle rectangle dont certaines mesures sont indiquées ci-contre. » (Annexe 8 : page 2 du problème)</p> <p>« Chacune des 18 cartes d'indices sera plastifiée. Le coût de la plastification est de 0,02 \$ le cm^2. »</p> $7^2 = 5 \cdot x \rightarrow 49 = 5x \rightarrow 9,8 = x$ $9,8 + 5 = 14,8 \text{ cm}$ $(14,8 \times 7) \div 2 = 51,8 \text{ cm}^2$ $18(0,02 \times 51,8) \approx 18,65 \text{ \$}$ <p style="text-align: right;">(Relation pour trouver la longueur BH) (Longueur de la base du triangle) (Aire du triangle) (Coût pour les cartes d'indice)</p>	
<p>Les trésors</p>	<p>[Concept : Relations métriques]</p>
<p>Données du problème :</p> <p>« Il y aura deux types de trésors : des petits et des gros. Avec le reste du budget, vous achetez 9 petits trésors et le plus grand nombre possible de gros trésors. Chaque petit trésor coûte 6 \$. Chaque gros trésor coûte 14 \$. »</p> $200 - (16 + 55 + 18,65) = 110,35 \text{ \$}$ $9 \times 6 = 54 \text{ \$}$ <p style="text-align: right;">(Montant restant pour l'achat des trésors) (Coût pour les petits trésors)</p>	

$110,35 - 54 = 56,35 \$$ $56,35 \div 14 = 4,025 \rightarrow 4 \text{ gros trésors}$	(Montant disponible pour les gros trésors) (Nombre de gros trésors)
[Concept : Droites parallèles]	
Emplacement des gros trésors Donnée du problème : « Le jour de la chasse aux trésors vous cachez les gros trésors aux emplacements que vous choisissez. C'est un autre animateur qui cache les petits trésors. » « Les emplacements des gros trésors seront choisis parmi les points (80,75), (84, 105), (100, 100), (84, 80), (96, 120), (96, 95) et doivent respecter les règles suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - Les gros trésors doivent être cachés le long d'un sentier parallèle à la piste cyclable et passant par le point (60, 50) - Deux gros trésors ne peuvent pas être cachés au même endroit. - Les gros trésors ne peuvent pas être cachés sur les limites du terrain de chasse. » « Le segment de droite CQ représente une piste cyclable. » (Annexe 8 : page 1 du problème)	
$a = \frac{144 - 9}{108 - 0} = \frac{135}{108} = 1,25$ $50 = 1,25(60) + b \rightarrow 50 = 75 + b \rightarrow -25 = b$	(Taux de variation de la piste cyclable et du sentier (droites parallèles : $y = ax + b$)) (Valeur de « <i>b</i> » de la fonction du sentier)
$y = 1,25(80) - 25 = 75 \rightarrow Ok$ $y = 1,25(84) - 25 = 80 \rightarrow Non$ $y = 1,25(100) - 25 = 100 \rightarrow Ok$ $y = 1,25(84) - 25 = 80 \rightarrow Ok$ $y = 1,25(96) - 25 = 95 \rightarrow Non$ $y = 1,25(96) - 25 = 95 \rightarrow Ok$	(Vérification point (80,75)) (Vérification point (84,105)) (Vérification point (100,100)) (Vérification point (84,80)) (Vérification point (96,120)) (Vérification point (96,95))
<i>Emplacements choisis : (80,75), (100,100), (84,80) et (96,95)</i>	

4.2.2.2 Deuxième problème : Indiana Jones - L'archéologue (annexe 9)

Ce problème a été utilisé dans un contexte d'évaluation d'une durée totale de trois heures.

Situation de départ :

L'archéologue étudie les restes laissés par les civilisations anciennes. Le chantier sur lequel travaille l'archéologue peut être en mer ou sur terre; on parle alors de fouilles marines ou de fouilles sur le terrain. Il existe plusieurs types de fouilles archéologiques de terrain. L'archéologue peut travailler à déterminer s'il existe des vestiges sur un site; on parle alors d'une fouille préventive. Il est aussi possible de planifier et d'organiser à l'avance un chantier archéologique; on parlera alors d'une fouille programmée. Il peut arriver que l'archéologue soit appelé sur un site lors de découvertes d'anciennes ruines; on parlera alors de fouilles de sauvetage.

Tu fais maintenant partie d'une équipe d'archéologues appelés à se déplacer au sud de l'Europe sur les lieux d'un site de construction où l'on aurait découvert des ruines appartenant aux Templiers. Ces derniers sont des chevaliers du 12^e siècle.

Ton patron te nomme responsable de la sécurité et il te demande de planifier la fouille de sauvetage. Habituellement, les zones de fouilles sont carrées. Toutefois, le terrain étant très irrégulier, il y aura 3 surfaces triangulaires où les fouilles seront réalisées.

La figure 7 présente la simplicité de la structure de ce problème. Il suffit de calculer individuellement le coût de plusieurs éléments pour pouvoir ensuite calculer le coût total du projet. Quant à l'emplacement du campement, il s'agit d'une information demandée dans le problème qui n'a pas d'impact sur aucune autre étape. Ainsi, à l'exception du coût total du projet, l'élève a le plein pouvoir en ce qui concerne l'ordre dans lequel il voudra réaliser les étapes ce problème. Il faut toutefois noter que le cahier de la tâche présente les éléments selon un ordre particulier, ce qui vient induire une séquence précise.

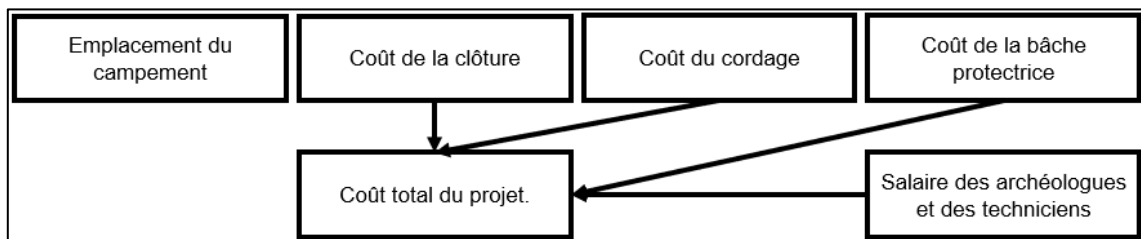


Figure 7 : Schéma de la situation-problème : Indiana Jones l'archéologue

Les obstacles suivants sont ceux qui y sont associés :

- Considérer la présence d'une grande quantité d'informations dans l'énoncé du problème.
- Reconnaître qu'il fallait concevoir un système d'équations pour trouver le salaire des archéologues et des techniciens.

- Ne pas omettre d'additionner au salaire obtenu pour la zone 3, les salaires pour les deux premières zones qui étaient précisés dans le texte.

Le premier obstacle est donc la grande quantité d'informations présentes sur quatre pages. Aussi, pour déterminer le coût pour la fouille, il est nécessaire de résoudre un système d'équations à deux inconnus. Pour ce faire, il faut d'abord concevoir les équations en considérant les informations du texte :

«On a évalué qu'une équipe de 4 archéologues et de 5 techniciens travailleront sur la zone 1 pour un coût de 4 350\$. La zone 2 sera fouillée par 3 archéologues et 6 techniciens pour un coût de 4 050\$. 2 archéologues et 4 techniciens seront nécessaires pour fouiller la zone 3.»

Les élèves devaient donc voir en ces informations la possibilité de concevoir un système d'équations à deux inconnues qui représenteraient chacune le salaire d'un archéologue ou d'un technicien.

Exemple de solution du problème :

Emplacement du campement	[Concepts : Point de partage et point milieu]
Données du problème :	
« Le site archéologique est délimité par quatre droites qui se croisent aux points A(-6,2), B(-2,6), C(4,4) et D(0,2). Voici quelques conditions quant à la position du campement :	
(Les mesures sont en kilomètre)	
<ul style="list-style-type: none"> - Le campement est situé au point G; - Le point G est situé au centre du segment EF; - Le point E est situé au quart du segment AB à partir de A; - Le point F est situé sur le segment BC dans un rapport 1 : 1 à partir de C; « 	
(Annexe 9 : page 2 du problème)	
$x = -6 + \frac{1}{4}(-2 - (-6)) = -6 + 1 = -5$	(Coordonnée X du point E)
$y = 2 + \frac{1}{4}(6 - 2) = 2 + 1 = 3$	(Coordonnée Y du point E)
$E(-5,3)$	(Coordonnées du point E)

$$\left(\frac{-2+4}{2}, \frac{6+4}{2}\right) = (1,5) \rightarrow F(1,5)$$

$$\left(\frac{-5+1}{2}, \frac{3+5}{2}\right) = (-2,4) \rightarrow G(-2,4)$$

(Coordonnées du point F)
(Coordonnées du point G et Emplacement du campement)

Coût de la clôture

[Concepts : Fonction par parties, fonction du premier degré et distance entre 2 points]

Données du problème :

« Afin de rendre le site sécuritaire et le maintenir à l'abri des curieux, nous devons installer des clôtures autour du site. Nous avons le choix entre deux forfait : soit le forfait A représenté graphiquement ou le forfait B représenté par une fonction $f(x)$. (La pose est comprise dans le forfait). » (Annexe 9 : page 2 du problème)

$$d(A, D) = \sqrt{(-6-0)^2 + (2-2)^2} = 6 \quad \text{(Distance entre A et D)}$$

$$d(D, C) = \sqrt{(0-4)^2 + (2-4)^2} \approx 4,47 \quad \text{(Distance entre D et C)}$$

$$d(C, B) = \sqrt{(4-(-2))^2 + (4-6)^2} \approx 6,32 \quad \text{(Distance entre C et B)}$$

$$d(B, A) = \sqrt{(-2-(-6))^2 + (6-2)^2} \approx 5,66 \quad \text{(Distance entre B et A)}$$

$$6 + 4,47 + 6,32 + 5,66 = 22,45 \text{ km} \quad \text{(Longueur totale de clôture nécessaire)}$$

$$a = \frac{1150 - 350}{0 - 0} = \frac{800}{40} = 20 \quad \text{(Taux de variation de la partie du forfait A)}$$

$$y = 20x + b \rightarrow 1150 = 20(50) + b \rightarrow b = 150 \quad \text{(Valeur de «b» à partir du couple : (50,1150))}$$

$$y = 20(22,45) + 150 = 599 \$ \quad \text{(Coût de la clôture pour le forfait A)}$$

Forfait B : Puisque $22,45 \geq 22$ la règle utilisée sera : $12,5x + 405$

$$y = 12,5(22,45) + 405 = 645 \$ \quad \text{(Coût de la clôture pour le forfait B)}$$

Coût pour la clôture : Forfait A avec 599 \$

Coût du cordage [Concepts : Relations métriques, fonction escalier et fonction définie par parties]

Données du problème :

« Les zones de fouille ont une forme de triangle rectangle. Voici le plan des trois zones. (Les mesures sont en décimètre). » (Annexe 9 : page 3 du problème)

« Afin de ne pas abimer les artefacts présents dans chacune des zones de fouilles on doit installer des cordages autour de chaque zone. Il y a deux entreprises qui offrent la location et l'installation de ce type de cordage : soit l'entreprise A à l'aide d'une représentation graphique ou l'entreprise B représentée par la fonction $g(x)$ suivante. » (Annexe 9 : page 3 du problème)

Zone 1

$$x^2 = 6 \cdot 16 \rightarrow x^2 = 96 \rightarrow x = 9,8 \text{ dm} \quad \text{(Relation pour trouver la longueur AB)}$$

$$6 + 10 = 16 \text{ dm} \quad \text{(Longueur BD)}$$

$$\sqrt{16^2 - 9,8^2} = 12,65 \text{ dm} \quad \text{(Longueur AD par Pythagore)}$$

$$16 + 12,65 + 9,8 = 38,45 \text{ dm} \quad \text{(Cordage nécessaire pour la zone 1)}$$

Zone 2

$$\sqrt{12^2 + 9^2} = 15 \text{ dm} \quad \text{(Longueur EG par Pythagore)}$$

$$15 + 12 + 9 = 36 \text{ dm} \quad \text{(Cordage nécessaire pour la zone 2)}$$

Zone 3

$$\sqrt{5^2 - 4^2} = 3 \text{ dm} \quad \text{(Longueur MN par Pythagore)}$$

$$5^2 = 3 \cdot x \rightarrow 25 = 3x \rightarrow x \approx 8,33 \text{ dm} \quad \text{(Relation pour trouver la longueur JN)}$$

$$8,33 + 3 = 11,33 \text{ dm} \quad \text{(Longueur JM)}$$

$$\sqrt{11,33^2 - 5^2} \approx 10,17 \text{ dm} \quad \text{(Longueur JK par Pythagore)}$$

$$10,17 + 11,33 + 5 = 26,5 \text{ dm} \quad \text{(Cordage nécessaire pour la zone 3)}$$

Total des zones

$$38,45 + 36 + 26,5 = 100,95 \text{ dm}$$

(Longueur totale de cordage nécessaire)

$$1250 \$$$

(Coût pour l'entreprise A à partir du graphique)

$$100 \in [90,1110[\rightarrow g(x) = 800 \$$$

(Coût pour l'entreprise B à partir de l'intervalle)

Coût pour le cordage : Entreprise B avec 800 \$

Coût de la bâche protectrice

[Concepts : Droite de régression]

Données du problème :

« Le sol de la zone 1 est particulièrement friable, donc très fragile. On doit couvrir entièrement la zone 1 d'une bâche protectrice. Dans les différents magasins de la région, il y a une forte corrélation entre l'aire de la surface à couvrir en dm^2 et le coût d'une bâche protectrice (\$). »

« Cette liste permet d'estimer le prix d'une bâche en fonction de la surface à couvrir. » (Annexe 9 : page 4 du problème)

« N.B. Pour une meilleure estimation, tu dois arrondir des calculs au centième près et utiliser la droite de Mayer. »

(Utilisation de la méthode de Mayer : Division des données en deux groupes égaux)

$$\bar{x}_1 = 21,96 \text{ et } \bar{y}_1 \approx 231,2 \rightarrow (21,96; 231,2) \quad (\text{Valeurs moyennes de X et de Y pour le gr. 1})$$

$$\bar{x}_2 = 37,52 \text{ et } \bar{y}_2 \approx 290,77 \rightarrow (37,52; 290,77) \quad (\text{Valeurs moyennes de X et de Y pour le gr. 2})$$

$$a = \frac{290,77 - 231,2}{37,52 - 21,96} = \frac{59,57}{15,56} \approx 3,83 \quad (\text{Taux de variation de la droite de régression})$$

$$y = 3,83x + b \rightarrow 231,2 = 3,83(21,96) + b \rightarrow b = 147,09 \quad (\text{Valeur de «b» à partir du couple : (50,1150)})$$

$$\frac{9,8 \times 12,65}{2} \approx 61,99 \text{ dm}^2 \quad (\text{Aire de la surface à couvrir pour la zone 1})$$

$$y = 3,83(61,99) + 147,07 \rightarrow y \approx 384,51 \$ \quad (\text{Coût pour couvrir la zone 1})$$

Salaire des archéologues et des techniciens

[Concept : Système d'équations]

Donnée du problème :

« La fouille de chaque zone est effectuée par une équipe composée d'archéologues et de techniciens. On a évalué qu'une équipe de 4 archéologues et de 5 techniciens travailleront sur la zone 1 pour un coût de 4350\$. La zone 2 sera fouillée par 3 archéologues et par 6 techniciens pour un coût de 4050\$. 2 archéologues et 4 techniciens seront nécessaires pour fouiller la zone 3. »

(x : salaire des archéologues et y : salaire des techniciens)

$$4x + 5y = 4350 \rightarrow 12x + 15y = 13\ 050 \quad (\text{Règle pour la zone 1 ajustée pour la réduction})$$

$$3x + 6y = 4050 \rightarrow 12x + 24y = 16\ 200 \quad (\text{Règle pour la zone 2 ajustée pour la réduction})$$

$$y = 350 \rightarrow \text{Coût pour 1 technicien} = 350 \$ \quad (\text{Valeur de Y par la méthode de réduction})$$

$$4x + 5(350) = 4350 \rightarrow x = 650$$

(Valeur de X à l'aide de l'équation de la zone 1)

$$\text{Coût pour 1 archéologue} = 650 \$$$

$$2(650) + 4(350) = 1300 + 1400 = 2700 \$ \quad (\text{Salaire du personnel pour la zone 3})$$

$$4350 + 4050 + 2700 = 11\ 100 \$ \quad (\text{Salaire total du personnel pour les fouilles})$$

Coût total du projet

$$599 + 800 + 384,51 + 11\ 100 = 12\ 883,51 \$$$

(Coût total du projet)

4.2.3 Problèmes de l'enseignante #3

Les deux problèmes de la troisième enseignante ont été utilisés dans un contexte d'évaluation d'une durée d'une seule période de 75 minutes. Tout comme pour le premier problème de l'enseignante #2, le temps accordé aux tâches étant plus court, il est normal de retrouver des situations moins longues pour cette enseignante. Le premier problème a pour titre : *À la découverte de l'Abitibi* (annexe 10). La résolution de cette situation-problème a été réalisée en équipe de deux élèves.

Situation de départ :

L'Abitibi veut attirer des touristes en quête d'aventure et d'émotions fortes dans sa région. Des expéditions en traîneau à chiens seront donc ajoutées aux offres d'activités déjà existantes.

Les villes hôtes de ces différentes expéditions seront Amos, La Sarre, Rouyn-Noranda et Val d'Or. [...]

Afin de s'adapter à plusieurs types de clientèles, les expéditions proposées offriront différents trajets, de durée et de distance variables. Afin d'optimiser les coûts du projet, l'administrateur veut limiter le nombre d'expéditions, car celles-ci nécessitent de recouvrir à des employés pour y accompagner les touristes. Il choisit donc d'offrir deux expéditions distinctes : une première d'une durée de 6 jours et une deuxième d'une durée de 8 jours. Comme il désire aussi se préoccuper du bien-être des chiens, il veut que vous choisissiez les trajets qui minimisent la distance totale à parcourir.

Comme pour le deuxième problème de l'enseignante #2, ce problème présente la nécessité de réaliser plusieurs tâches indépendantes qui permettront ensuite de déterminer les trajets qui pourront être réalisés et ainsi terminer le problème. L'ordre dans lequel les coordonnées des différents relais sont trouvées n'a donc pas d'importance. La figure 8 présente la structure de ce problème.

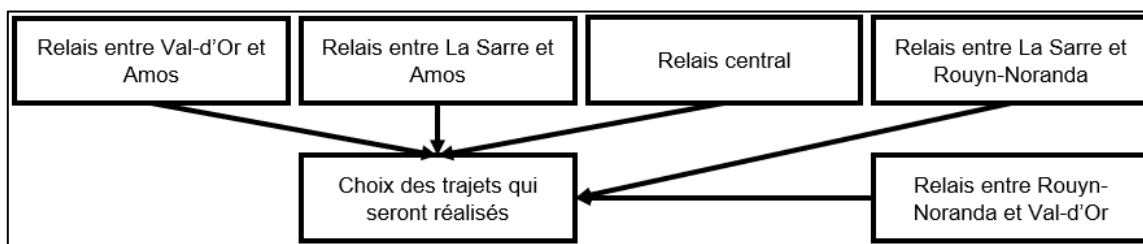


Figure 8 : Schéma de la situation-problème : À la découverte de l'Abitibi

Ce problème présente, lui aussi, quelques difficultés potentielles qui pourraient représenter un obstacle :

- Reconnaître qu'il faut utiliser un système d'équations pour trouver la coordonnée du relais situé au centre. En effet, l'élève doit déduire qu'il devra utiliser cette procédure puisqu'on lui mentionne que le relais se situe à l'intersection de ces deux sentiers. Les équations des deux droites lui sont ensuite données.
- Positionner les deux derniers relais afin d'avoir une distance minimale avec celui situé au centre. Il faut déduire qu'il suffit d'utiliser la même ordonnée (ou la même abscisse) afin de former un relais à angle droit.

L'énoncé pour le positionnement des deux derniers relais demande à l'élève d'interpréter ce qu'il devra faire :

« Pour parer aux urgences, les relais des deux autres sentiers seront placés de manière à accéder au relais central en minimisant la distance à parcourir. »

Les élèves devaient donc envisager de placer ces derniers relais de façon perpendiculaire aux sentiers présents. Aussi la résolution d'un système d'équation afin de

trouver la coordonnée d'un point d'intersection a semblé causer problème pour plusieurs élèves lors de la période observée.

Exemple de solution du problème :

<p>Emplacement du relais entre Val d'Or et Amos Données du problème : « Le relais entre Val-d'Or et Amos se situera à mi-chemin entre les villes. » « Le plan ci-dessous permet de visualiser la position relative de chaque ville les unes par rapport aux autres. » (Annexe 10 : page 1 du problème)</p> $\left(\frac{18,5 + 20,5}{2}, \frac{40,9 + 34}{2}\right) \rightarrow R_1(19,5; 37,45)$	<p>[Concept : Point milieu]</p> <p>(Coordonnées du relais)</p>
<p>Emplacement du relais entre La Sarre et Amos Données du problème : « Le relais situé entre Amos et La Sarre sera placé sur le sentier [afin qu'il soit aux 2/3 du trajet à partir d'Amos.] » « Le plan ci-dessous permet de visualiser la position relative de chaque ville les unes par rapport aux autres. » (Annexe 10 : page 1 du problème)</p> $x = 18,5 + \frac{2}{3}(10 - 18,5) = 18,5 - 5,67 = 12,83$ $y = 40,9 + \frac{2}{3}(42,7 - 40,9) = 40,9 + 1,2 = 42,1$ $R_2(12,83; 42,1)$	<p>[Concept : Point de partage]</p> <p>(Coordonnée X du point E)</p> <p>(Coordonnée Y du point E)</p> <p>(Coordonnées du relais)</p>
<p>Relais central Données du problème : « Un relais central sera aménagé à l'intersection du sentier reliant La Sarre à Val-d'Or, et à celui reliant Rouyn-Noranda à Amos. - La règle du sentier reliant La Sarre à Val d'Or est : $y = -0,83x + 51$ - La règle du sentier reliant Amos et Rouyn-Noranda est : $y = 0,81x + 25,9$. »</p> $-0,83x + 51 = 0,81x + 25,9$ $25,1 = 1,64x \rightarrow x = 15,3$ $y = 0,81(15,3) + 25,9 \approx 38,29$ $R_3(15,3; 38,29)$	<p>[Concept : Système d'équations]</p> <p>(Résolution du système par comparaison) (Isoler la valeur du paramètre X) (Valeur du paramètre Y à partir d'une des règles) (Coordonnées du relais)</p>
<p>Deux derniers relais Données du problème : « Pour parer aux urgences, le relais des deux autres sentiers seront placés de manière à accéder au relais central en minimisant la distance à parcourir. »</p> <p>Relais entre La Sarre (10; 42,7) et Rouyn-Noranda (10; 34) (Chemin le plus court = chemin perpendiculaire passant par le relais central : $R_3(15,3; 38,29)$) $R_4(10; 38,29)$ (Coordonnées du relais)</p>	

Relais entre Rouyn-Noranda (10; 34) et Val d'Or (20,5; 34)
 (Chemin le plus court = chemin perpendiculaire passant par le relais central : $R_3(15,3; 38,29)$)
 $R_5(15,3; 34)$ (Coordonnées du relais)

Choix des trajets qui seront réalisés [Concept : Distance entre deux points]

Donnée du problème :
 « Afin de s'adapter à plusieurs types de clientèles, les expéditions proposées offriront différents trajets, de durée et de distance variables. Afin d'optimiser les coûts du projet, l'administrateur veut limiter le nombre d'expéditions, car celles-ci nécessitent de recourir à des employés pour y accompagner les touristes. Il choisit donc d'offrir deux expéditions distinctes : une première d'une durée de 6 jours et une deuxième d'une durée de 8 jours. Comme il désire aussi se préoccuper du bien-être des chiens, il veut que vous choisissiez les trajets qui minimisent la distance totale à parcourir. »
 « Les trajets devront partir d'Amos et y revenir. Chaque trajet doit être effectué dans le sens antihoraire. »
 « Toutes les villes sont reliées par un sentier. Deux jours seront alloués pour parcourir chacun des sentiers. »

$$D(LS, A) = \sqrt{(18,5 - 10)^2 + (40,9 - 42,7)^2} \approx 8,69 \quad \text{(Distance entre La Sarre et Amos)}$$

$$D(A, VO) = \sqrt{(20,5 - 18,5)^2 + (34 - 40,9)^2} \approx 7,18 \quad \text{(Distance entre Amos et Val d'Or)}$$

$$D(VO, RN) = \sqrt{(10 - 20,5)^2 + (34 - 34)^2} = 10,5 \quad \text{(Distance entre Val d'Or et Rouyn-Noranda)}$$

$$D(RN, LS) = \sqrt{(10 - 10)^2 + (42,7 - 34)^2} = 8,7 \quad \text{(Distance entre Rouyn-Noranda et La Sarre)}$$

$$D(LS, VO) = \sqrt{(10 - 20,5)^2 + (42,7 - 34)^2} \approx 13,64 \quad \text{(Distance entre La Sarre et Val d'Or)}$$

$$D(A, RN) = \sqrt{(10 - 18,5)^2 + (40,9 - 34)^2} \approx 10,95 \quad \text{(Distance entre Amos et Rouyn-Noranda)}$$

Trajets de 6 jours
 $8,69 + 13,64 + 7,18 = 29,51$ (Amos - La Sarre - Val d'Or - Amos)
 $8,69 + 8,7 + 10,95 = 28,34$ (Amos - La Sarre - Rouyn-Noranda - Amos)
 $10,95 + 10,5 + 7,18 = 28,63$ (Amos - Rouyn-Noranda - Val d'Or - Amos)
 Choix du trajet de 6 jours : Amos - La Sarre - Rouyn-Noranda - Amos

Trajets de 8 jours
 $8,69 + 8,7 + 10,5 + 7,18 = 35,07$ (Amos - La Sarre - Rouyn-Noranda - Val d'Or - Amos)
 Choix du trajet de 8 jours : Amos - La Sarre - Rouyn-Noranda - Val d'Or - Amos

4.2.3.2 Deuxième problème : Fouilles de sauvetage (annexe 11)

Au niveau des concepts de quatrième secondaire visés par le deuxième problème, ils sont tous liés au champ de la géométrie. En fait, il s'agit d'un problème où il faut trouver

les mesures de différents triangles en utilisant tous les savoirs rattachés à ces derniers parmi ce qui est vu en quatrième secondaire.

Situation de départ :

Tu fais maintenant partie d'une équipe d'archéologues appelés à se déplacer au sud de l'Europe sur les lieux d'un site de construction où l'on aurait découvert des ruines appartenant aux templiers. Ces derniers sont des chevaliers du 12^e siècle.

Ton patron te nomme responsable de la sécurité et il te demande d'établir la durée du séjour de l'équipe. Vous serez en tout 4 archéologues à travailler sur le site. Habituellement, les zones de fouilles sont carrées. Toutefois, le terrain étant très irrégulier, il y aura 5 surfaces triangulaires où les fouilles seront réalisées.

Il est très important de connaître toutes les mesures de côtés de ces zones. Pour la sécurité, il faut penser à installer des cordes tout autour de chacune des zones et il faut déterminer la surface à fouiller.

Ton patron te remet son calepin de notes afin que tu puisses avoir une idée du plan de la zone de fouilles. À toi de jouer !

La démarche permettant de résoudre ce problème est sensiblement la même que pour les problèmes précédents. La figure 9 présente un schéma identique à la situation-problème *À la découverte de l'Abitibi*. L'élève doit réaliser plusieurs calculs isolés lui permettant de répondre à la question du problème dans l'ultime étape. L'ordre alphabétique présent dans le nom des zones et le cahier de réponse divisé encadré portant chacun le nom d'une zone orientent cependant l'élève dans une séquence précise.

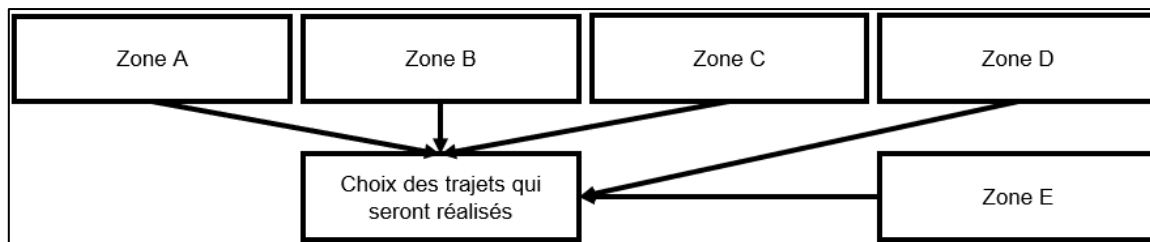


Figure 9 : Schéma de la situation-problème : Fouilles de sauvetage

La principale difficulté devient donc de bien déterminer le ou les concepts à utiliser selon la situation afin de trouver les mesures désirées. Les obstacles se présentent donc sous la forme suivante :

- Reconnaître les formules permettant d'obtenir les informations recherchées pour chacun des triangles.
- Tenir compte de toutes les informations nécessaires pour calculer le nombre de jours.

Exemple de solution du problème :

<p>Dimensions de la zone A</p> <p>Données du problème :</p> <p>« Les zones A, B et D sont des triangles rectangles. »</p> <p>« Les zones A et D sont séparées en deux, car elles contiennent plus de vestiges. Il faut aussi prévoir une corde de sécurité pour la séparation. »</p> <p>« Toutes les zones, sauf la zone C, doivent avoir une corde de sécurité les entourant. La zone C est déjà entourée de pierres. La corde n'est donc pas nécessaire. »</p> <p>Dimensions dans un patron où les mesures sont en mètre (Annexe 11 : page 2 du problème)</p> $\sqrt{7,2^2 + 6,5^2} = 9,7 \text{ m}$ $6,5 \cdot 7,2 = 9,7 \cdot x \rightarrow x \approx 4,82 \text{ m}$ $6,5 + 7,2 + 9,7 + 4,82 = 28,22 \text{ m}$ $(6,75 \times 7,2) \div 2 = 23,4 \text{ m}^2$	<p>[Concept : Relations métriques]</p> <p>(Pythagore pour déterminer la mesure de AB)</p> <p>(Relation pour trouver la mesure de CD)</p> <p>(Quantité de corde nécessaire)</p> <p>(Aire de la zone)</p>
<p>Dimensions de la zone B</p> <p>Donnée du problème :</p> <p>« Les zones A, B et D sont des triangles rectangles. »</p> <p>« Toutes les zones, sauf la zone C, doivent avoir une corde de sécurité les entourant. La zone C est déjà entourée de pierres. La corde n'est donc pas nécessaire. »</p> <p>Dimensions dans un patron où les mesures sont en mètre (Annexe 11 : page 2 du problème)</p>	<p>[Concept : Rapports trigonométriques]</p>

$$\sin 31 = \frac{x}{15} \rightarrow x \approx 7,73 \text{ m} \quad (\text{Rapport trigonométrique pour trouver AC})$$

$$\sqrt{15^2 - 7,73^2} \approx 12,85 \text{ m} \quad (\text{Pythagore pour déterminer la mesure de CB})$$

$$7,73 + 15 + 12,85 = 35,58 \text{ m} \quad (\text{Quantité de corde nécessaire})$$

$$(7,73 \times 12,85) \div 2 \approx 49,67 \text{ m}^2 \quad (\text{Aire de la zone})$$

Dimensions de la zone C

[Concept : Formule de Héron]

Données du problème :

« Les zones C et E sont des triangles quelconques. »

« Toutes les zones, sauf la zone C, doivent avoir une corde de sécurité les entourant. La zone C est déjà entourée de pierres. La corde n'est donc pas nécessaire. »

Dimensions dans un patron où les mesures sont en mètre (Annexe 11 : page 2 du problème)

$$p = (2,5 + 7 + 5) \div 2 = 7,25 \quad (\text{Demi-périmètre (p) pour la formule de Héron})$$

$$\sqrt{7,25(7,25 - 2,5)(7,25 - 7)(7,25 - 5)} \approx 4,4 \text{ m}^2 \quad (\text{Aire de la zone avec la formule de Héron})$$

Dimensions de la zone D

Données du problème :

« Les zones A, B et D sont des triangles rectangles. »

« Les zones A et D sont séparées en deux, car elles contiennent plus de vestiges. Il faut aussi prévoir une corde de sécurité pour la séparation. »

« Toutes les zones, sauf la zone C, doivent avoir une corde de sécurité les entourant. La zone C est déjà entourée de pierres. La corde n'est donc pas nécessaire. »

Dimensions dans un patron où les mesures sont en mètre (Annexe 11 : page 2 du problème)

$$\sqrt{7,6^2 + 4^2} \approx 8,6 \text{ m} \quad (\text{Pythagore pour trouver la mesure de CB})$$

$$4^2 = 7,62x \rightarrow x \approx 2,1 \text{ m} \quad (\text{Relation pour trouver la mesure de AD})$$

$$7,62 + 2,1 = 9,72 \text{ m} \quad (\text{Mesure de AB})$$

$$\sqrt{9,72^2 - 8,6^2} \approx 4,53 \text{ m} \quad (\text{Pythagore pour trouver la mesure de AC})$$

$$4,53 + 9,72 + 8,6 + 4 = 26,85 \text{ m} \quad (\text{Quantité de corde nécessaire})$$

$$(4,53 \times 8,6) \div 2 = 19,48 \text{ m}^2 \quad (\text{Aire de la zone})$$

Dimensions de la zone E

[Concept : Loi des sinus et aire à partir de la mesure d'un angle et de deux côtés]

Donnée du problème :

« Les zones C et E sont des triangles quelconques. »

« Toutes les zones, sauf la zone C, doivent avoir une corde de sécurité les entourant. La zone C est déjà entourée de pierres. La corde n'est donc pas nécessaire. »

Dimensions dans un patron où les mesures sont en mètre (Annexe 11 : page 2 du problème)

$$180 - (45 + 20) = 115^\circ \quad (\text{Mesure de l'angle EGF})$$

$$\frac{7,95}{\sin 115} = \frac{x}{\sin 45} \rightarrow x = 6,2 \text{ m} \quad (\text{Mesure du côté EG})$$

$$6,2 + 7,95 + 3 = 17,15 \text{ m} \quad (\text{Quantité de corde nécessaire})$$

$$\frac{6,2 \times 7,95 \times \sin 20}{2} \approx 8,43 \text{ m}^2 \quad (\text{Aire de la zone})$$

Nombre de jours

Données du problème :

« Voici des informations importantes sur ton équipe :

- Une des qualités les plus importantes d'une archéologue est la patience. En fait, en 4 heures de travail, un membre de ton équipe ne peut couvrir qu'une surface de 0,5 m².

- Il faut prévoir une demi-journée pour placer le cordage de sécurité et installer le campement.
- La journée de travail d'un archéologue débute à 6h du matin et se termine à 15h. Il faut prévoir en tout une heure pour les pauses et les repas à chaque jour, car le site ne sera pas disponible éternellement. Il s'agit d'une fouille de sauvetage très importante!
- On demande d'arrondir les mesures des côtés au centième près et les mesures d'angles au degré près. »

$(15 - 6) - 1 = 8 \text{ heures}$	(Temps de travail pour un archéologue par jour)
$0,5 \text{ m}^2 \text{ pour } 4 \text{ heures} \rightarrow 1 \text{ m}^2 \text{ pour } 8 \text{ heures}$	(Surface couverte par un archéologue par jour)
$4 \text{ archéologue} \rightarrow 4 \text{ m}^2 \text{ par jour}$	(Surface couverte par l'équipe à chaque jour)
$4,4 + 23,4 + 49,67 + 19,48 + 8,43 = 105,38 \text{ m}^2$	(Surface totale à couvrir)
$105,38 \div 4 \approx 26,35 \text{ jours}$	(Nombre de jours pour couvrir les zones)
$26,35 + 0,5 = 26,85 \rightarrow 27 \text{ jours}$	(Ajout de la demi-journée pour le cordage)
27 jours	(Temps total requis pour les fouilles)

4.2 Stratégies d'enseignement visant la liaison de différents concepts

À cette étape, il convient de se remémorer que le premier objectif de cette recherche vise à identifier les stratégies utilisées par les enseignants pour créer des liens entre différents concepts mathématiques. Le premier constat émergent est le fait qu'il semble plutôt difficile dans le quotidien des enseignantes participantes de créer des occasions permettant de lier les savoirs entre eux.

Enseignante #1 : « *Essayer d'en faire c'est correct aussi, mais le problème c'est vraiment que les élèves en difficultés, des fois, ils ne voient pas les liens.* »

Enseignante #2 : « *Les élèves, c'est un tiroir, un chapitre. Quand le chapitre est fini, on ferme le tiroir et on en ouvre un autre.* »
« *Mais en CST là, c'est difficile.... C'est difficile de mélanger les matières ensembles.* »

Enseignante #3 : « *Quand on enseigne, c'est difficile parce que justement, faire deux choses à la fois pour les élèves, c'est difficile. En SN, j'arrive à leur dire ça va servir à quoi. On va l'utiliser quand. Puis quand on le fait : "vous avez vu, j'utilise ce qu'on avait vu". Mais en CST... Prend juste quand tu vas enseigner. Tu vas vider une piscine. La piscine est vide, voir que ça c'est l'abscisse à l'origine. Posez une question après ça à savoir c'est quoi l'abscisse à l'origine, ils ne savent pas c'est quoi.* »

Ces passages permettent de comprendre que les enseignantes perçoivent comme très difficile la possibilité de faire des liaisons entre différents concepts. La principale raison semble être le fait que ces liens viennent complexifier les savoirs avec lesquels les élèves semblent avoir déjà des difficultés. C'est pourquoi, pour les deux enseignantes de quatrième secondaire, on ressent une plus grande réticence par rapport aux mathématiques de la séquence culture, société et technique (CST), celle associée aux mathématiques régulières. Durant leur entrevue, elles ont mentionné avoir davantage de facilité à effectuer des chevauchements avec la séquence des mathématiques de niveau enrichi, celle des sciences naturelles (SN). Durant les mêmes entrevues, les enseignantes ont tout de même mentionné effectuer des liaisons entre différents concepts en utilisant différentes stratégies. Le passage précédent de l'enseignante #3 permet déjà de comprendre qu'elle annonce aux élèves explicitement les liens qu'il peut y avoir entre différents savoirs. L'enseignante #2 a mentionné utiliser des exemples farfelus et les trois enseignantes semblent se servir des situations-problèmes comme moyen d'effectuer de tels liens.

Dans tous les cas, ce qui ressort concernant ce sujet est le fait qu'aux yeux des enseignantes rencontrées, lier les différents savoirs mathématiques entre eux n'est pas un exercice facile. Elles semblent plutôt réticentes à le faire par peur de venir complexifier davantage la tâche aux élèves qui tentent de maîtriser de nouveaux concepts. La stratégie récurrente, et presque exclusive, pour effectuer des liens entre les différents concepts est la résolution de problèmes complexes.

4.3 Contexte de la réalisation de la résolution de problèmes

Cette section vise à comprendre quel usage est fait de la résolution de problèmes par les enseignantes. Les passages suivants tirés des entrevues permettent de bien visualiser les observations qui peuvent être faites à ce sujet.

Enseignante #1 : « *Bien les CD1¹, on en fait pas beaucoup. [...] On fait une pratique [et] un examen [au mois de février], une pratique au mois de mai [et] un examen. »*

Enseignante #2 : « *Tu sais à la fin des chapitres, il y a toujours des problèmes écrits. Et tu sais que les examens nous autres [ils sont comme les examens du ministère]. [Ce qui] fait qu'ils sont toujours en train de faire de la résolution de même. »*

Enseignante #3 : « *C'est juste en évaluation. [...] Parce que c'est quand même long et demandant. Puis c'est difficile pour les élèves. [...] Tu as pas le temps d'en pratiquer. »*

En somme, la résolution de problèmes complexes ne semble pas être une pratique fréquente. Il semble y avoir une évaluation d'au moins un de ces problèmes pour chaque étape de l'année scolaire, qui en comprend trois. L'enseignante #1 réalise des pratiques avant chacun des problèmes, mais n'en réalise pas à la première étape. C'est donc que les élèves réalisent quatre situations-problèmes durant l'année scolaire dont deux seront évaluées. L'enseignante #3 précise ne pas avoir le temps de faire de pratique et évalue donc tous les problèmes complexes réalisés en classe.

¹ CD1 et CD2 réfère aux compétences disciplinaires. Lorsque les enseignantes parlent d'une «CD1» elles parlent d'un problème qu'elles ont utilisé pour évaluer la compétence à résoudre une situation-problème.

Les élèves sont tout de même familiers avec la résolution de problèmes via de petits problèmes situés parfois à la fin de chacun des chapitres ou encore dans les derniers numéros des examens qu'ils peuvent passer au courant de l'année. Ces numéros représentent des questions à développement généralement notées sur dix points dans lesquelles les élèves auront de trois à quatre étapes à réaliser. Il s'agit d'évaluation utilisées afin d'évaluer la compétence des élèves à déployer un raisonnement mathématique. Ces tâches peuvent donc être qualifiées de situations d'application.

4.3.1 Attentes des enseignants par rapport au travail des élèves

L'une des questions secondaires de cette recherche vise à comprendre quelle marge de manœuvre, ou liberté, les élèves ont lors de la résolution d'une situation-problème. L'enseignant formule-t-il des attentes précises quant à la production de la démarche de l'élève? Il semble qu'au deuxième cycle du secondaire, les élèves aient toute la liberté désirée. Ils doivent cependant s'assurer de rendre leur démarche compréhensible et claire pour les enseignantes afin qu'elles puissent bien retrouver leur raisonnement lors de la correction. Les extraits suivants tirés des entrevues avec les enseignantes permettent de comprendre leurs attentes.

Enseignante #1 : *« Il faut qu'ils mettent des démarches [et] qu'ils numérotent et qu'ils mettent des titres à ce qu'ils font. »*

Enseignante #2 : *« Bien, ils sont libres de faire ce qu'ils veulent, oui. Mais en fait, il faut qu'ils me fassent des démarches qui [soient] claires. »*

Enseignante #3 : À la question : Est-ce que vous leur obligez une méthode précise pour résoudre un problème :
« Non. Pas du tout, pas du tout. »

Les enseignantes ne désirent donc pas restreindre la démarche des élèves à une série d'étapes précises, mais cherchent tout de même à les forcer à maintenir une certaine organisation. Ces conclusions sont en adéquation avec la vision qu'ont les élèves des attentes de leur enseignante. Les extraits suivants proviennent des entrevues réalisées avec certains élèves parmi les groupes observés. La numérotation des élèves permet de retrouver le numéro de l'enseignante suivi du numéro de l'élève. L'élève 1.1 se trouve à être un élève de l'enseignante #1 et il s'agit du premier ayant réalisé un entretien.

- Élève 1.1 : « *Elle nous dit "mets des numéros, comme ça moi je vais pouvoir lire exactement dans l'ordre que tu l'as faite".* »
- Élève 1.3 : « *Bien, elle nous le dit souvent : il faut qu'on marque toutes nos étapes et qu'on mette des titres.* »
- Élève 2.1 : « *Elle nous l'a dit un peu à notre première en début d'année. Bien, elle aime mieux quand c'est structuré, puis elle n'aime pas ça quand c'est plein de casse-tête. Tu sais, un calcul ici, un calcul là. Un calcul que tu ne sais pas c'est quoi. Il faut vraiment qu'elle sache c'est quoi pour être capable de [corriger].* »
- Élève 2.5 : « *[...] elle veut au moins qu'on identifie ce qu'on fait admettons.* »
- Élève 3.1 : « *Bien c'est sûr qu'elle aime mieux plus structuré, mais ce qu'on fait c'est pas toujours ça. [...] Idéalement, faut que ça soit clair.* »
- Élève 3.5 : « *Sûrement quelque chose de structuré pour qu'elle comprenne quand même. Faut pas que je lui fasse des gribouillis non plus là.* »

Les élèves semblent tous, peu importe l'enseignante, percevoir une liberté quant à leur démarche dans la mesure où leur enseignante est capable de bien identifier leur raisonnement.

4.4 Actions d'accompagnement lors de la résolution de problèmes

Tel que défini au deuxième chapitre, les actions d'accompagnement constituent l'ensemble des gestes et des interventions mis en place par les enseignantes afin de soutenir leurs élèves dans la résolution de leur situation-problème. Tout au long du déroulement de cette recherche, plusieurs données ont été amassées quant à la façon dont les enseignantes réalisent cet accompagnement. Les tableaux 5 et 6 situés aux pages suivantes détaillent les différentes actions d'accompagnement qui ont été rencontrées. Le tableau 4 présente celles qui ont résulté des entrevues réalisées en tout début de recherche avec les différentes enseignantes participantes. Le tableau 5, quant à lui, détaille les actions d'accompagnement qui ont émergé à la suite des observations lors des périodes de résolution d'un problème dans la classe des enseignantes. Il s'agit donc de deux prises d'informations, à partir d'un point de vue différent, permettant d'énumérer des actions d'accompagnement.

Pour ces deux tableaux, le fonctionnement est le même. La première colonne représente le nom donné à l'action émergente. La seconde colonne permet d'y retrouver une description de l'intervention afin de mieux pouvoir comprendre le sens qui lui est porté. Finalement, la troisième colonne, comprend des citations des transcriptions des entrevues ou encore des observations qui ont été réalisées. Dans certains cas, où l'enregistrement n'était pas possible, les notes d'observation de l'étudiant chercheur sont utilisées comme citations représentant l'action d'accompagnement. Pour chacune de ces actions, le nombre de citations représente le nombre d'enseignantes chez qui cette action a été observée.

Certaines actions d'accompagnement se retrouvent à la fois dans le tableau 5 et dans le tableau 6 puisqu'elles ont émergées à la suite des entrevues avec les enseignantes et des périodes d'observation dans leur salle de classe.

Tableau 5 : Actions d'accompagnement résultantes des entrevues

Actions d'accompagnement des enseignantes		
Actions	Description	Citations
1	Utiliser le même problème à chaque année en lui apportant des améliorations.	<p><u>Enseignante #1</u> :</p> <p>« <i>Oui et souvent tu as à l'améliorer. [...] Souvent tu vas dans une banque, tu ne l'inventes pas. Mais tu as à l'améliorer à mesure que tu le fais à chaque année.</i> »</p> <p><u>Enseignante #2</u> :</p> <p>« <i>Souvent on l'avait, mais il a fallu qu'on le modifie aussi ce problème-là.</i> »</p>
2	Distribuer, avant la période de résolution de problèmes, une feuille regroupant les chapitres qui se retrouveront dans le problème.	<p><u>Enseignante #1</u> :</p> <p>« <i>On donne une feuille d'étude. [...] L'autre bord, c'est CD1. Ici c'est CD2.</i> »</p> <p><u>Enseignante #2</u> :</p> <p>« <i>Oui, je leur donne cette feuille-là, ce qui fait qu'ils savent c'est quoi qu'ils ont comme concept à la CD1.</i> »</p>
3	Diviser le cahier de réponse en sous-sections afin d'orienter les élèves dans la tâche ou placer les informations dans l'ordre qu'elles doivent être utilisées.	<p><u>Enseignante #1</u> :</p> <p>« <i>[...] c'est de décortiquer la tâche en partie, c'est ça la stratégie qui est la mieux. [...] nous autre on le fait dans les cahiers réponse pour aider l'élève.</i> »</p>

4	Donner une indication à un élève en échange d'un retrait de points lors de la correction	Lorsqu'un élève est bloqué dans la résolution de son problème, l'enseignante va lui donner une indication lui permettant de continuer le problème. Cependant, l'élève sera pénalisé sur les points rattachés au raisonnement qu'il n'aura pas su mobiliser lui-même.	<p><u>Enseignante #3 :</u> <i>« C : [...] vous allez lui donner, mais vous lui enlevez des points.</i></p> <p><i>E : C'est ça. [...] Il va partir avec une façon de faire. Puis bon, peut-être que ses chiffres seront pas correct, mais je lui dis : "Bon, c'est les systèmes d'équations". »</i></p>
5	Placer les élèves en équipe afin de résoudre le problème.	L'enseignante place les élèves en équipe de deux durant la période de résolution d'un problème.	<p><u>Enseignante #3 :</u> <i>« [...] c'était plus facilitant. J'aurais eu plus de questions s'ils étaient seuls. L'entraide. Mais on ne peut pas toutes les faire comme ça. »</i></p>
6	Encourager les élèves à diviser la tâche en plusieurs petites étapes.	L'enseignante donne comme indication aux élèves de diviser le problème en plusieurs petites parties afin de pouvoir simplifier la tâche à réaliser.	<p><u>Enseignante #1 :</u> <i>« [...] c'est de décortiquer la tâche en parties, c'est ça la stratégie qui est la mieux. »</i></p>
7	Donner comme astuce aux élèves de sortir les formules associées aux notions qu'ils rencontrent dans le problème.	L'enseignante conseille aux élèves d'écrire toutes les formules correspondantes, dès qu'ils reconnaissent un concept dans une information du texte. Ainsi il devrait être plus facile pour eux de pouvoir sélectionner les étapes à réaliser.	<p><u>Enseignante #2 :</u> <i>« [...], je leur dis, vas-y bouchée par bouchée. Tu as ça, qu'est-ce que tu as appris? Qu'est-ce que tu as vu? Regarde ta feuille aide-mémoire. Qu'est-ce que tu as vu et qu'est-ce que tu es capable de faire là-dedans? [...] Tu as un triangle, bon. Qu'est-ce qu'on a fait avec les triangles? Qu'est-ce qu'on a vu? On a vu ça. Es-tu capable de le faire? Oui! Bien fait-le! Tu ne sais pas pourquoi, mais fait-le. »</i></p>

8	Corriger avec les élèves avant la fin de la période pour qu'ils repartent avec les bonnes valeurs pour la suite du problème au cours suivant.	L'enseignante prévoit corriger certaines étapes du problème à la fin de la première séance de pratique (d'une série de deux) afin que les élèves repartent tous au même point avec les bonnes informations au cours suivant.	<u>Enseignante #1 :</u> <i>« À la fin de la première période. Habituellement [...], je commence à corriger avec eux autres. Pour faire des modèles de démarches. »</i>
---	---	--	---

Tableau 6 : Actions d'accompagnement résultantes des observations

Actions d'accompagnement des enseignantes en classe		
Actions	Description	Citations ou notes associées
1	Clarifier une question ou une information	<p>Lorsqu'un élève ne comprend pas bien une information du texte ou encore une question à laquelle il doit répondre, l'enseignante la reformule ou lui explique afin qu'elle soit plus claire.</p> <p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « <i>Bien c'est ça qu'il faut que tu trouves. Il faut que tu trouves combien de terrains ça va prendre [pour] installer les jeux. C'est une des grosses tâches. »</i></p> <p><u>Enseignante #2</u> (évaluation) : « <i>C'est le coût par mètre. Donc ça dépend, ça veut dire que si on achète entre zéro et 40 mètres. C'est 30 cennes du mètre. Si j'achète entre 40 et 160. Donc c'est 20 cennes. Donc si j'achète plus que 160 c'est 10 cennes du mètre. [...] vous deviez faire : le prix. »</i></p> <p><u>Enseignante #3</u> (évaluation) : Lit avec les élèves les coordonnées des points et précise avec eux l'échelle suivante : une unité dans le plan équivaut à 10 km.</p>
2	Identifier un raisonnement erroné chez l'élève	<p>Lorsqu'un (ou plusieurs) élève(s) posent une question à l'enseignante, elle identifie dans la démarche qu'il a fait jusqu'à maintenant une erreur. Cette action est réalisée afin de remettre les élèves sur la bonne voie.</p> <p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « <i>Tu en as pas besoin de l'aire latérale... C'est l'aire de la base, dans le fond l'aire du jeu qui t'intéresse. »</i></p> <p><u>Enseignante #2</u> (évaluation) : « <i>Il y en a qui sont arrivés à 20 cennes. Ils ont oublié de multiplier par 80. »</i></p>

			<p><u>Enseignante #3</u> (évaluation) : L'enseignante explique aux élèves l'erreur qu'ils ont faite.</p>
3	Donner des techniques de travail	<p>Les enseignantes donnent aux élèves des techniques susceptibles de les aider à travailler plus efficacement lors de la résolution de leur problème.</p>	<p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « Prenez le temps de le lire comme il faut. Surligner... C'est une pratique, ça ne compte pas. [...] Si jamais vous bloquez dans un examen de compétence 1, relisez vos contraintes, c'est sûr qu'à un moment donné, elle va bien se faire la compétence 1. »</p> <p><u>Enseignante #3</u> (évaluation) : Donne comme conseil : « Si ça peut vous aider, vous pouvez redessiner votre triangle dans votre document parce que c'est dans le document que je vais corriger. »</p>
4	Encourager l'élève dans son raisonnement	<p>L'enseignante encourage l'élève à poursuivre dans le raisonnement qu'il a commencé.</p>	<p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « Oui. Très bonne déduction. » « Ça c'est bon. Jusque-là toute ta première étape est bonne. »</p> <p><u>Enseignante #3</u> (évaluation) : Mentionne aux élèves : « Oui, c'est du vrai travail d'équipe. »</p>
5	Lire ou survoler le problème avec les élèves	<p>L'enseignante effectue la lecture complète du problème avec les élèves ou elle survole avec eux des passages qu'elle juge plus importants.</p>	<p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « Sur le terrain de jeu que le propriétaire du terrain de camping veut installer. Vous avez lu, vous avez sûrement remarqué que le cercle qui est ici, le disque, c'est la fusée. »</p>

			<p><u>Enseignante #3</u> (évaluation) : Précise qu'elle présentera la tâche avant de les laisser aller travailler en équipe. [...] L'enseignante lit avec les élèves le problème.</p>
6	Réaliser une partie du problème en exposant à voix haute son raisonnement	L'enseignante effectue une partie du problème au tableau en explicitant le raisonnement qu'elle a pendant qu'elle réalise sa démarche. De cette façon l'enseignante modélise aux élèves le raisonnement qu'ils doivent mobiliser dans ces situations.	<p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « Ok. Fait que si je vais dans mon cahier et que je me pars avec ce qu'ils me donnent. Donc avec l'aire latérale, donc je vais me partir avec l'aire latérale. Fait que si dans le fond ce que je veux c'est trouver le rayon moi. [...] Vous allez vous en rendre compte en écrivant des formules. »</p> <p><u>Enseignante #2</u> (évaluation) : « Même pente. Donc la piste cyclable. Est où ma piste cyclable. Elle est ici. Donc ça veut dire que. Ça c'est ma piste cyclable, je veux placer les trésors de manières à ce qu'ils soient parallèles à la piste cyclable. Je ne sais pas moi, ici ou là. Mais il faut que j'en place 4 donc comme ça ici. »</p>
7	Orienter l'élève vers la notion mathématique à utiliser.	L'enseignante donne une indication à l'élève lui permettant de reconnaître le concept qu'il doit utiliser pour résoudre une certaine partie du problème.	<p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « Comme ça oui. Mais en fait, une rotation, on s'entend que c'est une circonférence. »</p> <p><u>Enseignante #3</u> (évaluation) : « $4m^3$ est un indice : volume! »</p>

8	Préciser ce qui est considéré lors de l'évaluation	L'enseignante précise aux élèves les éléments qui sont importants à considérer en prévision de l'évaluation qu'elle va réaliser concernant leur travail de résolution.	<p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : <i>« La deuxième étape, c'est tout ce que vous avez fait qu'il fallait faire. La troisième étape, c'est si vous arrivez aux réponses. Ok. Fait qu'il va y avoir plein d'affaires que je dois cocher. Ça compte pour l'étape 3 la CD1. La compétence 1 de jeudi matin elle compte pour l'étape 3. »</i></p> <p><u>Enseignante #2</u> (évaluation) : <i>« [...] plus ça va aller, plus je vais être sévère. Donc là, il fallait que vous m'indiquiez que vous preniez cette règle-là. Pourquoi je prends cette règle-là, parce que 45 est plus grand que 20. Faut dire pourquoi vous utilisez cette règle-là. Fait que là il y en a plein que j'aurais dû mettre zéro dans leur démarche. »</i></p>
9	Questionner l'élève afin de l'aider à déterminer un élément requis pour résoudre une partie du problème	L'enseignante pose des questions à l'élève afin de l'orienter et de l'aider à déterminer lui-même ce qu'il devra faire pour réussir une partie du problème.	<p><u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : <i>« Fait que dans le fond les dimensions ça va être comme une rotation par trois rotations. Fait que pour trouver la circonférence, faut que tu trouves quoi? Qu'est-ce que ça prend pour faire une circonférence? »</i></p> <p><u>Enseignante #3</u> (évaluation) : Demande ensuite : <i>« Fait que c'est quoi que tu as trouvé? »</i></p>

10	Encourager les élèves à diviser la tâche en plusieurs petites étapes.	L'enseignante donne comme indication aux élèves de diviser le problème en plusieurs petites parties afin de pouvoir simplifier la tâche à réaliser.	<u>Enseignante #3</u> (évaluation) : « Allez-y tranquillement, commencer par trouver les relais. Allez-y un par un. » Donne un exemple avec un tas de linge. Ils sont à la même étape que s'ils devaient plier un tas de linge. Le tas est par terre et ils ne peuvent pas tout plier en même temps. Ils doivent prendre les morceaux un par un et les plier. »
11	Donner une indication à un élève en échange d'un retrait de points lors de la correction	Lorsqu'un élève est bloqué dans la résolution de son problème, l'enseignante va lui donner une indication lui permettant de continuer le problème. Cependant, l'élève sera pénalisé sur les points rattachés au raisonnement qu'il n'aura pas su mobiliser lui-même.	<u>Enseignante #3</u> (évaluation) : Encercler au crayon rouge le point de rencontre et indiquer "comparaison". Elle dit que c'est un système d'équations à résoudre par comparaison. Le fait de placer du crayon rouge lui sert de rappel au moment de la correction.
12	Corriger avec les élèves le problème durant la pratique	Lors de la réalisation d'une situation problème en contexte de pratique, l'enseignante corrige avec les élèves certaines étapes durant la période.	<u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « Quand je vais voir que tout le monde a essayé la fusée, moi je vais corriger déjà la fusée au tableau pour pas que ça en fasse trop pour demain. Ok. Pour essayer de vous partir comme il faut. »
13	Expliquer un concept individuellement à un élève	L'enseignant fournit à l'élève une explication sur une notion qui lui cause problème.	<u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « Quand vous faites une rotation. Ça c'est une circonférence hein? Circonférence du cercle. Du disque. Du cercle qui est ici. »
14	Dessiner au tableau durant la lecture du problème pour aider les élèves à se représenter ce qu'ils doivent faire	L'enseignante effectue un dessin au tableau en effectuant la lecture du problème dans le but d'accentuer certaines informations contenues dans l'énoncé.	<u>Enseignante #3</u> (évaluation) : Dessine au tableau la représentation des sentiers qui sont tous reliés puis indique l'endroit où seront situés les relais.

15	Mentionner à l'élève la série d'étapes qu'il doit réaliser.	L'enseignante oriente l'élève en lui dictant une séquence d'étapes à réaliser pour parvenir à solutionner le problème ou une partie de ce dernier.	<u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « Après ça tu vas prendre ta formule. Tu vas isoler. En faisant K à la 3 tu vas avoir ton volume [...]. Tu vas avoir ton rayon tu vas pouvoir placer la circonférence. »
16	Donner comme astuce aux élèves de sortir les formules associées aux notions qu'ils rencontrent dans le problème.	L'enseignante conseille aux élèves d'écrire toutes les formules correspondantes, dès qu'ils reconnaissent un concept dans une information du texte. Ainsi, il devrait être plus facile pour eux de pouvoir sélectionner les étapes à réaliser.	<u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : « À chaque fois qu'il y a une table de valeurs, il faut trouver une règle. »
17	Placer les élèves en équipe afin de résoudre le problème.	L'enseignante place les élèves en équipe de deux durant la période de résolution d'un problème.	<u>Enseignante #3</u> (évaluation) : Fait une parenthèse sur le choix de travail d'équipe qu'ils veulent faire (tout faire ensemble ou encore séparer en partie). En équipe de deux ou ils peuvent le faire seul.
18	Utiliser une représentation en trois dimensions pour aider les élèves à visualiser une information du problème	L'enseignante utilise un objet afin d'aider les élèves à percevoir une information du problème qui semblait leur échapper.	<u>Enseignante #1</u> (apprentissage) : L'enseignante utilise un bricolage pour aider les élèves à se représenter le jeu. (Une pyramide est placée sur une feuille)

Ces différentes actions d'accompagnement, qui ont été identifiées tout au long des entrevues avec les enseignantes et des observations, peuvent être regroupées en quatre grandes catégories : les actions préalables, les actions liées aux savoirs mathématiques, les actions liées aux démarches des élèves et les actions didactiques à visée plus générale.

La première catégorie abordant les actions préalables concerne toutes les actions posées par les enseignantes qui ont pour but de faciliter la tâche ou de guider les élèves durant la période de résolution de problèmes à venir. Elles concernent donc le contexte dans lequel l'activité sera réalisée. Différents facteurs sont concernés tels que le choix du problème, la façon dont le cahier de réponse sera structuré, l'information qui est donnée aux élèves pour qu'ils se préparent pour la tâche et le choix du type de travail (individuel ou en équipe) que les élèves effectueront.

La seconde grande catégorie concerne les actions liées aux savoirs mathématiques. L'enseignante cherche durant la réalisation du problème, à guider l'élève vers la mobilisation d'un savoir approprié ou à lui expliquer un savoir qu'il semble mal maîtriser.

Viennent ensuite les actions liées aux démarches des élèves. L'objectif est d'aider l'élève dans sa démarche de résolution de problèmes. Il peut arriver que ce soit en lui donnant des techniques de travail ou en lui mentionnant la série d'étapes à réaliser, ces pratiques ont pour but de faire évoluer l'élève dans sa procédure de résolution.

Finalement, la dernière grande catégorie concerne les actions didactiques à visée plus générale utilisées par les enseignantes durant la résolution d'un problème. Cette catégorie plus large regroupe des actions qui vont parfois permettre à l'élève d'évoluer avec

un savoir mathématique, une démarche ou encore avec les deux à la fois. Elle regroupe aussi les choix pédagogiques que l'enseignante fait durant la résolution de problèmes, comme corriger avec les élèves durant la période ou encore utiliser un objet en trois dimensions pour aider les élèves à se faire une représentation.

Le tableau 7 présente les différentes actions d'accompagnement qui ont été rencontrées dans les tableaux 5 et 6, réparties selon la catégorie correspondante. Les trois dernières colonnes du tableau permettent de constater à nouveau les enseignantes chez qui ses actions ont été observées et le contexte de réalisation (apprentissage ou évaluation).

Tableau 7 : Catégorisation des actions d'accompagnement

Catégories	Actions d'accompagnement	E1	E2	E3
		(Apprentissage)	(Évaluation)	
Actions préalables	Utiliser le même problème à chaque année en lui apportant des améliorations	X	X	
	Distribuer, avant la période de résolution de problèmes, une feuille regroupant les chapitres qui se retrouveront dans le problème	X	X	
	Diviser le cahier de réponses en sous-sections afin d'orienter les élèves dans la tâche ou placer les informations dans l'ordre qu'elles doivent être utilisées	X		X
	Placer les élèves en équipe de deux durant la période de résolution d'un problème			X
Actions liées aux savoirs mathématiques	Donner comme astuce aux élèves de sortir les formules associées aux notions qu'ils rencontrent dans le problème	X	X	
	Orienter l'élève vers la notion mathématique à utiliser	X		X
	Expliquer un concept individuellement à un élève	X		

Actions liées aux démarches des élèves	Donner des techniques de travail	X		X
	Encourager les élèves à diviser la tâche en plusieurs petites étapes	X		X
	Mentionner à l'élève la série d'étapes qu'il doit réaliser	X		
Actions didactiques à visée plus générale	Clarifier une question ou une information	X	X	X
	Identifier un raisonnement erroné chez l'élève	X	X	X
	Réaliser une partie du problème en exposant à voix haute son raisonnement	X	X	
	Encourager l'élève dans son raisonnement	X		X
	Lire ou survoler le problème avec les élèves	X		X
	Préciser ce qui est considéré lors de l'évaluation	X	X	
	Questionner l'élève afin de l'aider à déterminer un élément requis pour résoudre une partie du problème	X		X
	Donner une indication à un élève en échange d'un retrait de points lors de la correction			X
	Corriger avec les élèves avant la fin de la période pour qu'ils repartent avec les bonnes valeurs pour la suite au cours suivant	X		
	Corriger avec les élèves le problème durant la pratique	X		
	Dessiner au tableau durant la lecture du problème pour aider les élèves à se représenter ce qu'ils doivent faire			X
Utiliser une représentation en trois dimensions pour aider les élèves à visualiser une information du problème	X			

L'observation de ce tableau permet de constater que les actions les plus fréquentes et les plus nombreuses sont liées aux actions didactiques à visée plus générale. Aussi, le contexte de réalisation de la tâche, qu'il s'agisse d'un apprentissage ou d'une évaluation, n'empêche pas les enseignantes de soutenir leurs élèves de différentes manières.

CHAPITRE 5

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Une fois l'analyse de l'ensemble des différentes données recueillies effectuées, ce chapitre tentera de faire émerger la corrélation existante entre les données de cette recherche et la littérature scientifique présentée au deuxième chapitre. Ainsi, plusieurs constats verront le jour et tenteront de répondre aux différents objectifs et questions de cette recherche. Plusieurs actions d'accompagnements ont émergé à la suite de l'analyse des entretiens et des observations. Les actions d'accompagnement provenant des observations sont plus nombreuses que celles provenant des entretiens. Cette divergence peut s'expliquer par le fait qu'il est difficile pour un enseignant de verbaliser et d'explicitier toutes les actions qu'il peut mettre en place pour soutenir l'apprentissage de ces élèves (Bourassa, Serre, & Ross, 1999). Plusieurs éléments inhérents aux actions mises en place par l'enseignant sont devenus des connaissances tacites, soit une sorte d'automatisme acquis au fil de l'expérience. Il devient donc difficile pour ce dernier de verbaliser la totalité des actions mises en place.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, soit les actions d'accompagnement elles-mêmes, la première section abordera les problèmes choisis par les enseignantes et leur spécificité en effectuant une réflexion sur leurs caractéristiques.

5.1 Caractéristiques des problèmes utilisés

Cette première section a pour objectif de faire le comparatif des caractéristiques observées dans les situations-problèmes rencontrées lors de la collecte de données avec celles attendues par les différents auteurs. Tout d'abord, Descaves (1992) répartissait les

problèmes selon trois grandes familles : ceux qui demandent d'utiliser des acquis, ceux qui permettent la construction de nouveaux outils mathématiques et ceux qui sont liés à une véritable recherche. Dans le contexte des problèmes utilisés par les trois enseignantes de cette recherche, il est d'abord certain que ces derniers ne sont pas rattachés à ceux qui représentent une véritable recherche. Dans le cas de problèmes où une structure permettant de les résoudre est offerte aux élèves, ils pourraient être considérés comme des problèmes demandant d'utiliser des acquis que l'élève a déjà rencontrés. Cette structure se manifeste principalement par un cahier de réponses présentant des encadrés pour chaque étape ou encore par un énoncé divisé à l'aide de sous-titres. Pour les autres problèmes moins structurés, il serait possible de les attacher à la famille de ceux voulant amener l'élève à construire de nouveaux outils ou savoirs mathématiques. Cette construction nouvelle se manifeste via la nécessité de devoir élaborer une démarche ou une stratégie de résolution du problème efficace. Néanmoins, la mobilisation d'acquis notionnels demeure un élément primordial de ces problèmes. C'est pourquoi, ils se situent aussi dans cette famille. Les enseignantes utilisent donc des problèmes qui permettent majoritairement de mettre en action des savoirs acquis, en ouvrant parfois la porte à la construction d'outils mathématiques tels qu'une stratégie permettant de résoudre des problèmes complexes.

Dans un autre ordre d'idées, ces problèmes complexes ont tous été utilisés dans l'optique d'amener les élèves à résoudre des situations-problèmes. Ils sont donc directement rattachés à la première compétence du programme de mathématiques (MELS, 2007; MEQ, 2006). Poirier (2001) présentait des caractéristiques qui permettent de conclure que les élèves sont réellement face à une situation-problème. Tout d'abord, le problème doit permettre à l'élève d'effectuer une première réflexion et de se mettre en action tout en représentant un défi raisonnable. Au fil de l'analyse des problèmes et des

observations qui ont été réalisées, il est possible d'affirmer que cette caractéristique se retrouve chez les six problèmes rencontrés.

Ensuite, si les problèmes constituent une occasion de réinvestir une ou plusieurs connaissances, ce qui est le cas des problèmes rencontrés, les élèves doivent posséder préalablement les connaissances suffisantes. La pratique des enseignantes est en adéquation avec cette caractéristique, puisqu'elles utilisent des problèmes mobilisant tous des savoirs rencontrés dans les semaines précédentes.

La troisième caractéristique concerne l'importance de permettre la validation dans le but de permettre aux élèves d'exercer leur jugement critique. Bien que les problèmes n'offrent pas explicitement la possibilité d'effectuer leur validation, les élèves ont tout de même la possibilité de le faire s'ils reprennent leur démarche et qu'ils valident leur raisonnement. Il n'est donc pas incohérent d'en arriver à la conclusion que les problèmes correspondent aussi à cette caractéristique.

Finalement, la connaissance à acquérir doit être l'outil. Généralement, il s'agit d'une stratégie ou un savoir permettant à l'élève de solutionner le problème. Bien que les problèmes à l'étude n'aient pas pour objectif le développement d'un nouveau savoir, ils présentaient tous la même particularité : pour les résoudre, il est nécessaire d'employer des savoirs précis qui ont été choisis par l'enseignant. La formulation des énoncés ne conduisait pas à des ambiguïtés sur le savoir à mobiliser.

Poirier (2001) fait état de conceptions erronées chez les élèves en contexte de résolution de problèmes. Étant donné la prédominance et la possible influence de certaines d'entre

elles sur la conception des élèves de l'activité de résolution de problèmes, il est pertinent de se questionner quant à savoir si les problèmes rencontrés lors des observations permettent de briser ces conceptions erronées. La première figurant dans la liste concerne le nombre de solutions possibles. Les élèves anticiperaient le fait que pour chaque problème, il existerait une et une seule bonne réponse. Dans le cas des six problèmes rencontrés, ils ont tous la particularité de présenter une réponse unique. C'est donc que les choix des enseignantes rencontrées permettent aux élèves d'enrichir cette conception. Une raison probable de la présence aussi importante des réponses uniques est la facilité de correction générée par cette pratique. L'enseignant peut identifier plus rapidement un résultat erroné et n'a pas à envisager d'autres solutions valables.

La deuxième fausse représentation retrouvée chez les élèves concerne l'utilisation des données du problème. Les élèves auraient tendance à croire qu'il est nécessaire d'utiliser toutes les données de l'énoncé pour arriver à résoudre le problème. Cette pensée est encore une fois appuyée par plusieurs problèmes rencontrés dans le cadre de cette recherche. Un seul problème, *Le camping* (enseignante #1, problème #1), a la particularité de présenter des données superflues dans son énoncé.

La troisième conception erronée présentée par l'auteure concerne le fait d'être obligé d'utiliser une opération ou un calcul pour résoudre le problème. Étant donné le type de problème utilisé par toutes les enseignantes rencontrées, ces problèmes présentent tous, effectivement, la nécessité d'utiliser des opérations et des calculs afin d'être résolus.

Pour terminer, la quatrième idée préconçue, qu'il est possible de retrouver chez les élèves, concerne les notions mathématiques à utiliser pour résoudre un problème. Pour

résoudre un problème, il serait nécessaire d'utiliser les dernières notions enseignées. Bien que tous les problèmes aient la particularité d'utiliser des savoirs préalablement enseignés dans des cours précédents, les trois premiers (« *Le camping* », « *Enfin, la fête!* » et « *La chasse aux trésors* ») utilisent un grand nombre de concepts qui remontent plus tôt dans l'année scolaire. Les trois autres (« *Indiana Jones : L'archéologue* », « *À la découverte de l'Abitibi* » et « *Fouilles de sauvetage* ») mobilisaient des notions qui avaient été enseignées dans les semaines précédant la réalisation de la tâche.

Pour ce qui est du niveau de difficulté des problèmes, Lajoie et Bednarz (2014b) nomment des caractéristiques qui peuvent être directement associées au niveau de difficulté des problèmes. La première concerne les concepts mathématiques à mobiliser. Tous les problèmes, à l'exception du #6 (*fouilles de sauvetage*), impliquent au moins deux champs de la discipline des mathématiques. Dans le cas du problème impliquant uniquement un seul champ de la discipline, la géométrie dans ce cas-ci, il fait tout de même appel à plusieurs savoirs essentiels à l'intérieur de ce champ, ce qui nécessite une variété de concepts.

La caractéristique suivante à considérer lors de la sélection d'un problème est l'évaluation du niveau de difficulté et le degré d'autonomie accordé à l'élève dans la résolution de son problème. Dans tous les problèmes, les élèves avaient la possibilité de réaliser la démarche qu'ils voulaient. Cependant, dans les problèmes #1 et #6, le cahier de réponses était divisé afin d'orienter les élèves lors de la résolution du problème. Aussi, dans les problèmes #2, #3 et #4, bien que le cahier de réponses ne soit pas divisé en section, l'énoncé du problème est structuré de sorte que l'on rencontre les informations nécessaires

à la résolution dans l'ordre de leur utilisation. Il suffit donc d'utiliser les informations dans l'ordre qu'elles sont présentées afin de réaliser la tâche.

Un dernier élément qui peut être considéré lors du choix d'un problème par rapport à sa complexité est la quantité de contraintes. Les problèmes #1, #2 et #4 ont la particularité de présenter un énoncé particulièrement long. Le problème #1 présente même des informations superflues qui n'ont pas à être utilisées et qui peuvent orienter l'élève dans une mauvaise direction si une mauvaise analyse des informations est effectuée.

Les caractéristiques présentées dans le PFEQ (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007) sont, elles aussi, toutes respectées. Les problèmes représentent tous une activité d'exploration basée sur la découverte. Aussi, ils nécessitent tous un recours à une combinaison non apprise de règles et de conditions afin d'être résolus. Finalement, ils présentent tous un obstacle à franchir afin de pouvoir atteindre une réponse finale, que ce soit par le besoin de concevoir une séquence d'étapes à réaliser, de reconnaître les bons concepts mathématiques à mobiliser ou encore de filtrer l'information pertinente à travers l'énoncé du problème.

En somme, les problèmes correspondent tous à des niveaux différents aux caractéristiques qui ont été énumérées au deuxième chapitre. Principalement, cette recherche ciblait des situations-problèmes complexes qui représentaient un défi pour les élèves et c'est le cas de tous les problèmes analysés. Bien que les problèmes présentent tous un niveau de difficulté variable, aucun d'entre eux ne constitue une occasion de construction d'un nouveau savoir mathématique. Les enseignantes rencontrées ne

semblent pas utiliser les situations-problèmes dans un tel contexte, mais davantage dans des occasions de réinvestir plusieurs savoirs rencontrés dans les mois précédents.

5.2 Actions d'accompagnement

Cette section abordera les différentes actions d'accompagnement ayant émergé lors de l'analyse des résultats. Elle permet de répondre à la deuxième question de ce mémoire visant à savoir de quelle façon les enseignantes accompagnent leurs élèves. Ces actions seront regroupées afin de mettre en lumière leur impact, à différents niveaux, sur le travail de résolution de problèmes des élèves.

Tout d'abord, il convient de se remémorer les indicateurs présentés par De Vecchi (2001) qui permettent l'élaboration de consignes plus précises :

- Pourquoi l'élève devrait-il faire ce travail?
- Que doit-il faire?
- Comment doit-il le faire et avec quoi?
- Qu'est-ce que l'élève doit faire pour que son travail soit considéré comme terminé?

L'analyse des problèmes permet d'ores et déjà de conclure que ces indicateurs sont considérés par les enseignants lors de la planification et du déroulement de leur situations-problèmes. Les éléments concernant la question « comment le faire et avec quoi ? » sont évidemment mis de côté lors de la présentation de la situation puisqu'il s'agit de l'aspect qui doit être travaillé par l'élève. Cependant, dans le cas de l'enseignante #1, une liste de concepts est généralement fournie avant une situation-problème afin de cibler les concepts qui se retrouveront dans cette dernière. L'absence de réponse à l'une de ces questions n'est pas inquiétant, puisque De Vecchi (2001) place lui-même un bémol sur ces dernières, en

précisant que dans certaines occasions, il est volontaire que la consigne soit volontairement plus ouverte ou moins précise.

Pour ce qui est de l'enseignement de la résolution de problèmes, il ne semble pas systématique. Les enseignantes considèrent que cet apprentissage a été fait dans les années précédentes. Aussi, comme elles le mentionnent, le temps manque bien souvent afin de réaliser de telles activités. Cependant, elles procèdent beaucoup par modélisation en verbalisant leur raisonnement à voix haute, que ce soit durant la pratique ou encore après une situation-problème réalisée en contexte d'évaluation. Elles ne chercheront pas à faire un enseignement explicite de stratégies de résolution de problèmes. Lorsqu'elles effectueront la correction d'un problème devant le groupe où qu'elles accompagneront un élève, ou un groupe d'élèves, elles vont souvent exprimer leur raisonnement à voix haute afin que les élèves puissent s'en servir comme pratique exemplaire (Tardif, 1992).

5.2.1 Classification des actions d'accompagnement

Cette section permettra de répondre à la deuxième question de cette recherche visant à déterminer de quelles façons les enseignants accompagnent leurs élèves lors de la résolution de situations-problèmes. Pour ce faire, les actions d'accompagnement ayant émergé, lors de l'analyse des données au chapitre précédent, seront croisées avec les différents propos d'auteurs rencontrés au deuxième chapitre.

Tout d'abord, il convient de rappeler que ce sont 22 actions d'accompagnement qui ont été rencontrées à l'aide des différents outils de collecte de données. Ces actions ont pu être regroupées selon quatre grandes catégories : les actions préalables, les actions liées

aux savoirs mathématiques, les actions liées aux démarches des élèves et les actions didactiques à visée plus générale. Le tableau 8 présente à nouveau l'éventail des actions qui ont été dénotées selon leur catégorie d'appartenance.

Tableau 8 : Actions d'accompagnement selon leur catégorie

Catégories	Actions d'accompagnement
Actions préalables	Utiliser le même problème à chaque année en lui apportant des améliorations
	Distribuer, avant la période de résolution de problèmes, une feuille regroupant les chapitres qui se retrouveront dans le problème
	Diviser le cahier de réponses en sous-sections afin d'orienter les élèves dans la tâche ou placer les informations dans l'ordre qu'elles doivent être utilisées
	Placer les élèves en équipe de deux durant la période de résolution d'un problème
Actions liées aux savoirs mathématiques	Donner comme astuce aux élèves de sortir les formules associées aux notions qu'ils rencontrent dans le problème.
	Orienter l'élève vers la notion mathématique à utiliser
	Expliquer un concept individuellement à un élève
Actions liées aux démarches des élèves	Donner des techniques de travail
	Encourager les élèves à diviser la tâche en plusieurs petites étapes.
	Mentionner à l'élève la série d'étapes qu'il doit réaliser
Actions didactiques à visée plus générale	Clarifier une question ou une information
	Identifier un raisonnement erroné chez l'élève
	Réaliser une partie du problème en exposant à voix haute son raisonnement
	Encourager l'élève dans son raisonnement.
	Lire ou survoler le problème avec les élèves
	Préciser ce qui est considéré lors de l'évaluation
	Questionner l'élève afin de l'aider à déterminer un élément requis pour résoudre une partie du problème
	Donner une indication à un élève en échange d'un retrait de points lors de la correction
	Corriger avec les élèves avant la fin de la période pour qu'ils repartent avec les bonnes valeurs pour la suite au cours suivant
	Corriger avec les élèves le problème durant la pratique
	Dessiner au tableau durant la lecture du problème pour aider les élèves à se représenter ce qu'ils doivent faire
Utiliser une représentation en trois dimensions pour aider les élèves à visualiser une information du problème	

La première interprétation qu'il est possible de faire concerne les facteurs venant influencer la performance d'un élève lors de la résolution d'un problème mathématique présentés par Schoenfeld (1985). Les connaissances de bases maîtrisées par l'élève, les stratégies de résolution de problèmes qu'il possède, sa capacité à faire preuve de métacognition ainsi que son système de croyance par rapport à la résolution de problèmes pourraient tous avoir un impact sur sa performance en résolution de problèmes. Il ne s'agit pas ici de se questionner quant à leur pertinence, puisqu'il est évident que ces éléments viennent teinter la capacité de l'élève à résoudre un problème. Une question émerge tout de même : les actions mises en place par les enseignants, qui ont été documentées dans cette recherche, peuvent-elles venir appuyer l'un de ces facteurs d'influence? Dans le cas des connaissances de base, elles sont consolidées par les actions liées aux savoirs mathématiques. Ce renfort se concrétise principalement par le fait d'orienter un élève vers le savoir mathématique à utiliser ou encore en lui expliquant directement un concept.

Pour ce qui est des stratégies de résolution de problèmes dont l'élève est en mesure de faire l'usage, de nombreuses actions, situées dans toutes les catégories, viennent soutenir le travail de l'élève :

- Diviser le cahier de réponses en sous-sections afin d'orienter les élèves dans la tâche ou de placer les informations dans l'ordre qu'elles doivent être utilisées;
- Donner comme astuce aux élèves de sortir les formules associées aux notions qu'ils rencontrent dans le problème;
- Donner des techniques de travail;
- Encourager les élèves à diviser la tâche en plusieurs petites étapes;
- Mentionner à l'élève la série d'étape qu'il doit réaliser;
- Dessiner au tableau durant la lecture du problème pour aider les élèves à se représenter ce qu'ils doivent faire.

Toutes ces actions d'accompagnement ont pour effet d'outiller l'élève et lui permettent de développer de nouvelles stratégies de résolution de problèmes et ce que ce soit en contexte d'apprentissage ou d'évaluation.

La métacognition, qui peut être perçue comme la capacité de l'élève de juger de la pertinence ou de l'efficacité de sa démarche, est aussi bonifiée par les actions des enseignants. Ces actions sont associées aux actions didactiques à visée plus générale. Cependant, les actions dénotées n'encouragent pas réellement l'élève à développer une capacité de s'autoréguler lui-même, mais le rendent peut-être davantage dépendant de l'enseignant. Il s'agit d'identifier un raisonnement erroné ou encore de l'encourager dans son raisonnement. Dans les deux cas, l'enseignant régule la démarche à la place de l'élève. Afin d'exemplifier cette pratique, le passage suivant de l'enseignante #1 vient compenser le manque d'autorégulation chez l'élève : « Tu en as pas besoin de l'aire latérale... C'est l'aire de la base, dans le fond, c'est l'aire du jeu qui t'intéresse ».

Plus tôt dans ce mémoire, l'analyse des conceptions erronées de Poirier (2001) permet de conclure que les enseignants travaillent davantage, inconsciemment, à encourager certaines des croyances que les élèves pourraient avoir. C'est le cas par exemple du choix de problèmes aboutissant uniquement vers une seule bonne réponse. Face à ce genre de problèmes, les élèves n'auront pas tendance à croire que plusieurs réponses sont envisageables.

Brousseau (1998) présentait quant à lui différents obstacles qui peuvent être rencontrés par les élèves lors de la résolution d'un problème. Parmi les trois types d'obstacles, deux d'entre eux peuvent être associés aux tâches analysées dans ce travail de recherche. Le premier type concerne les obstacles d'origine didactique : ceux qui semblent dépendre d'un choix de l'enseignant dans le but de réaliser un objectif précis. Les actions préalables réalisées par les enseignantes permettent majoritairement de venir

compenser ces obstacles. Cette atténuation s'effectue via les choix du problème ou encore par des pratiques telles que l'amélioration d'un problème ou l'organisation du cahier de réponses ou de l'énoncé. Ces actions d'accompagnement permettent à l'élève de se mettre en action plus rapidement. Les trois autres catégories d'actions d'accompagnement, liées aux savoirs, aux démarches et celle plus générale, viennent ensuite aider l'élève dans la difficulté à surmonter ces obstacles didactiques. Les enseignantes interviennent donc à deux différents niveaux par rapport à ces obstacles d'origine didactique : en amont, lors de son élaboration via les choix qui sont faits, puis en aval, via les interventions visant à permettre aux élèves de progresser dans le problème.

Le deuxième type d'obstacles concerne ceux d'origine épistémologique, soit ceux qui sont propres à la tâche présentée. Ces obstacles sont ceux auxquels les élèves ne doivent pas échapper dû à leur importance dans l'acquisition de la nouvelle connaissance en jeu. Dans le cas des problèmes rencontrés, la nouvelle connaissance est majoritairement de transférer les apprentissages dans des situations complexes et de devoir mobiliser des stratégies de résolution de problèmes. Toutefois, malgré l'importance de ce type d'obstacles, les enseignants mettent en place des actions d'accompagnement ayant encore une fois pour objectif d'aider l'élève à progresser à un rythme jugé normal à leurs yeux. Ainsi, les actions d'accompagnement comme orienter l'élève vers un savoir mathématique, expliquer un concept, donner des techniques de travail ou encore identifier un raisonnement inapproprié sont des pratiques qui ont un impact sur ce type d'obstacles puisqu'elles viennent influencer la démarche de résolution de problème de l'élève en lui rendant la tâche plus simple. La question qu'il faut ensuite se poser est la suivante : le fait d'atténuer le passage de ce type d'obstacles peut-il avoir comme effet de perdre de vue l'intention initiale et ainsi de transformer ces problèmes en simples situations d'application?

Plus tôt, il a été question de la « contrainte de l'échec » de Roiné (2014). Il s'agit des enseignants qui anticipent les difficultés ou les échecs des élèves et qui se préparent à l'atténuer ou encore à le camoufler via différentes interventions. Dans le cas de la résolution de problèmes telle qu'elle a été observée dans le cadre de cette recherche, certaines actions préalables peuvent être associées à ce phénomène. La distribution préalable d'une feuille présentant les chapitres qui seront reliés au problème ou encore le fait de diviser la tâche en sous étapes ont tous deux pour objectif d'atténuer les difficultés potentielles qui pourraient être vécues par les élèves. D'autres pratiques, comme identifier un raisonnement erroné, expliquer un concept ou mentionner les étapes à réaliser, viennent aussi intervenir directement lorsque l'élève se heurte à un obstacle. Ainsi, plusieurs interventions réalisées durant la résolution du problème ne permettront pas à l'élève de se réajuster lui-même ou de se questionner pour progresser dans la tâche. L'enseignant palie directement à la difficulté potentielle ou celle que l'élève est en train de rencontrer.

Astolfi (2014) présente une catégorisation des erreurs pouvant être réalisées par les élèves. La toute première concerne les erreurs relevant de la compréhension des consignes. Dans le cas de la résolution de problèmes, on peut relier à cette catégorie d'erreurs, celles ayant leur origine dans une autre discipline. Pour les problèmes complexes, les élèves ayant des difficultés en lecture peuvent se retrouver désavantagés lorsqu'il est question d'identifier le questionnement et les informations qui sont importantes. Pour ces élèves, plus le nombre d'informations sera grand, plus il pourrait être difficile d'identifier correctement la tâche à accomplir. Avec cette famille d'erreur, les trois enseignantes ont toutes mises en place une action d'accompagnement qui a permis d'atténuer l'impact de ces dernières. Il s'agit de la clarification d'une question ou d'une information. Il existe aussi des erreurs liées aux opérations intellectuelles. Dans le cas d'un problème, il pourrait s'agir

d'un élément (savoir, opération, ...) qui semblait naturel et évident pour l'enseignant, mais qui représente un réel obstacle pour l'élève. Donner des techniques de travail, encourager l'élève à diviser la tâche en sous-étapes, mentionner la série d'étapes à réaliser et encourager l'élève dans son raisonnement ont tous pour effet de venir en aide aux élèves pouvant commettre des erreurs liées aux opérations intellectuelles. Plusieurs de ces actions d'accompagnement peuvent aussi avoir un effet sur les élèves commettant des erreurs portant sur leurs démarches.

Les erreurs liées à une potentielle surcharge cognitive peuvent être contrecarrées par l'amélioration d'année en année des problèmes ou via la segmentation de la tâche en sous-étapes dans le cahier de l'élève. Lorsque l'élève est exposé à des situations où le nombre d'éléments à considérer est trop grand, ce qui vient surcharger la mémoire de travail, cette division du cahier évite donc à l'élève d'avoir à segmenter lui-même la tâche. Autrement, l'élève pourrait se retrouver en situation de surcharge cognitive, soit la charge mentale qui correspond au moment où la quantité d'éléments ou de contraintes liés à une tâche devient trop importante (Legendre, 2005). Avec cette pratique, l'enseignant vient diminuer la possibilité de surcharge cognitive chez l'élève durant la résolution du problème.

Le dernier type d'erreurs, qui peut être relié aux actions d'accompagnement observées, concerne les erreurs causées par la complexité propre au contenu. Ces erreurs peuvent survenir lorsqu'un concept est utilisé dans une situation où il nécessite une compréhension plus avancée que celle actuellement disponible chez l'élève. Plusieurs actions d'accompagnement, peu importe la catégorie, peuvent avoir un impact sur ce type d'erreurs en venant les éviter. Parmi les actions qu'il est possible d'associer, on retrouve le

fait de diviser la tâche, de cibler ou d'expliquer un concept précis à l'élève ou encore de donner une indication à l'élève en échange d'une pénalité lors de la correction.

En résumé, le grand éventail d'actions d'accompagnement, réparties dans quatre catégories (actions préalables, liées aux savoirs mathématiques, liées aux démarches des élèves et celles didactiques à visée plus générale), qui sont mises en place par les enseignantes interviennent bel et bien à différents niveaux. Il est évident, à ce stade, qu'un nombre considérable d'actions d'accompagnement, au moins la majorité d'entre elles, ont pour effet de permettre à l'élève de surmonter un obstacle à un moment précis du problème et ainsi lui permettre d'avancer dans la tâche au lieu de demeurer coincé face à cet obstacle. Ces actions d'accompagnement se positionnent en adéquation avec l'un des rôles attendus de la part de l'enseignant, celui d'un médiateur venant faciliter la progression de l'élève dans la réalisation de la tâche (Raynal & Rieunier, 2012; Vienneau, 2017).

5.2.2 Effet des actions d'accompagnement sur la démarche de résolution

Au deuxième chapitre, l'analyse de différentes conceptions du processus mises en œuvre pour résoudre un problème a permis d'identifier quatre principales étapes : la compréhension du problème, la conception d'un plan, l'exécution du plan ou la résolution du problème et finalement la vérification. Étant donné le passage obligé de chacune de ces étapes pour résoudre une tâche complexe, comme celles rencontrées dans le cadre de cette recherche, il convient de s'interroger quant à savoir l'impact des actions d'accompagnement sur les différentes étapes de la résolution d'un problème.

5.2.2.1 Compréhension du problème

Cette étape est primordiale afin de permettre aux élèves de se lancer dans la résolution de la tâche. Parmi les actions préalables rencontrées, le fait d'utiliser le même problème d'année en année, en lui apportant des améliorations, peut permettre de venir faciliter la compréhension de la tâche pour les élèves. Cette pratique est bénéfique pour les enseignants selon deux différents aspects. En premier lieu, dans un contexte où les situations-problèmes sont peu nombreuses, il est difficile de trouver de nouveaux problèmes. Aussi, l'amélioration d'un même problème au fil des ans vient aider la réussite des élèves puisque les enseignants savent ce pour quoi ils préparent leurs élèves et ce qui peut être problématique pour eux.

Durant la résolution d'un problème, le fait de venir clarifier une question ou une information a une influence directe sur la compréhension de l'élève sur le problème en question. Aussi, le fait de dessiner au tableau durant la lecture afin d'aider les élèves à se faire une représentation ou encore d'utiliser une représentation en trois dimensions vient aussi agir directement sur la compréhension des élèves.

5.2.2.2 Conception d'un plan

Le fait de diviser la tâche ou le cahier de réponses en sous-sections pourrait avoir comme effet néfaste de venir annuler la nécessité de cette étape. Puisque l'élève, après avoir compris le problème, peut se lancer dans la phase de résolution en complétant les calculs associés à chacune des sections. Autrement, le fait d'encourager l'élève à diviser la

tâche en sous-étapes ou lui mentionner la série d'étapes qu'il doit réaliser sont deux actions qui ont elles aussi un impact sur la phase de conception d'un plan.

5.2.2.3 Exécution du plan (résolution du problème)

Cette étape occupe une place très importante dans les tâches proposées par les enseignantes participantes à cette recherche en raison de la particularité des problèmes utilisés. Les problèmes mobilisant tous plusieurs concepts mathématiques, les élèves passent la majeure partie de leur temps dans la phase de résolution. C'est pourquoi il n'est pas surprenant de voir un grand nombre d'actions d'accompagnement pouvant être rattaché directement à cette étape.

5.2.2.4 Vérification

Parmi toutes les actions d'accompagnement qui ont été rencontrées, aucune ne semble orienter l'élève vers une validation de sa démarche. Or, certaines actions pourraient même avoir l'effet contraire et venir inhiber le besoin de l'élève de valider sa démarche. C'est le cas, par exemple, de l'action : identifier un raisonnement erroné chez l'élève. En identifiant une erreur, l'enseignant peut envoyer comme signal à l'élève qu'il n'est pas nécessaire de vérifier sa démarche puisqu'en allant voir l'enseignant, il aura une rétroaction directe sur ses actions. Ainsi, la vérification ne semble pas être une phase importante en résolution de problème chez les enseignantes rencontrées. Il faut tout de même spécifier que dans le cadre d'évaluation des apprentissages de la discipline des mathématiques (MELS, 2011), il est question de validation des étapes de la démarche. Cependant, cette mention est accompagnée d'un commentaire précisant aux enseignants que la validation

de la démarche par l'élève doit faire l'œuvre d'une rétroaction à ce dernier, mais ne doit pas être considéré dans les résultats communiqués au bulletin. Cette absence d'obligation d'évaluer pourrait venir expliquer la place quasi inexistante de la validation dans les activités de résolution de problèmes analysés.

CONCLUSION

Tout au long de cette recherche, il a été question de la résolution de problèmes et de la place qu'elle occupe dans le programme de formation depuis la réforme du Ministère au début du 21^e siècle (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007). Une nouvelle vision s'est installée, celle de l'évaluation par compétence. Au niveau de la discipline des mathématiques, l'un des plus grands changements marqués par cette réforme a été l'apparition de la compétence à résoudre des situations-problèmes. Cette nouvelle compétence est venue modifier la réalité dans la salle de classe des enseignants puisqu'ils devaient désormais montrer aux élèves à résoudre des problèmes, mais ils avaient aussi à évaluer leur capacité à mener à terme des tâches mathématiques d'envergure.

Ce changement, l'évaluation par compétences, place les enseignants en tête de liste des différents acteurs touchés par cette réforme en éducation. Dans le cas de la compétence à résoudre des problèmes, des impacts positifs se sont manifestés. Les problèmes deviennent maintenant une occasion de briser l'isolement des savoirs mathématiques, généralement enseignés les uns après les autres, sans interdépendance apparente. Les situations-problèmes, dans un contexte d'évaluation, ont toutes la particularité de nécessiter la mobilisation de plus d'un concept afin d'être solutionnées. En dehors de cette activité mathématique bien précise, la création de liens entre différents champs des mathématiques est une pratique presque inexistante. L'enseignement s'effectue majoritairement un chapitre à la fois. Or, avec l'arrivée de la compétence résoudre une situation-problème (MEQ, 2001, 2006; MELS, 2007), la sélection d'une tâche n'implique plus seulement le niveau de difficulté, mais aussi les différents contenus notionnels impliqués. Cette activité de résolution de problème vient cependant déstabiliser les élèves qui doivent alors voir les mathématiques comme un coffre à outils dans lequel ils doivent

prendre celui qui est adéquat à la situation qui leur est proposée. L'analyse des données recueillies lors de cette recherche permet de conclure que la liaison entre différents concepts semble s'effectuer presque uniquement dans les occasions de résolution de problèmes. En fait, les problèmes complexes deviennent les ponts qui permettent de relier différents savoirs mathématiques autrement isolés.

L'expression « situation-problème » se positionne plus à l'écart des problèmes réguliers, qui représentent maintenant un simple exercice. Pour résoudre une situation-problème, l'élève doit surmonter un obstacle et avoir recours à une série d'opérations qui ne sont pas directes pour lui. Il ne doit pas pouvoir le résoudre de façon instantanée dès la première lecture. Ces caractéristiques viennent modifier la pratique de l'enseignant qui doit réévaluer sa posture lors de l'accompagnement de ses élèves. C'est dans ces circonstances que cette recherche s'est intéressée à connaître les actions d'accompagnement mises en place par les enseignants qui vont aider les élèves à résoudre des problèmes mobilisant plusieurs savoirs mathématiques.

L'analyse des situations-problèmes utilisées permet d'émettre quelques constats intéressants. Tel que mentionné par Poirier (2001), le choix de problèmes peut venir appuyer les conceptions erronées pouvant être développées par les élèves. Les problèmes analysés dans la présente recherche ont tous la particularité d'avoir comme finalité une seule bonne réponse possible. Cela encourage les élèves à croire que ce sera toujours le cas. Aussi, à l'exception d'un seul problème, toutes les informations présentes dans l'énoncé doivent être utilisées pour cheminer jusqu'à la réponse finale. Pour la majorité, ils sont composés de plusieurs étapes indépendantes qui permettent d'identifier des dimensions ou des coûts. Une ultime étape viendra regrouper les informations amassées

tout au long des étapes individuelles. Dans le but de faciliter la progression de l'élève, cinq des six problèmes utilisés sont constitués d'un cahier de réponses segmentés en encadrés ou encore d'un énoncé divisé en sous-sections. Cette particularité a pour effet de venir structurer l'élève dans la démarche qu'il devra réaliser en lui évitant d'avoir à concevoir une planification des étapes à accomplir.

L'analyse des situations-problèmes permet aussi de conclure que certains champs des mathématiques sont utilisés plus fréquemment que d'autres. Tous les problèmes utilisent des notions de géométrie ou de géométrie analytique. L'algèbre est aussi très bien représentée, soit dans cinq problèmes sur les six analysés. Ces champs de la discipline, la géométrie et l'algèbre, semblent être ceux qui se prêtent le mieux à des tâches complexes effectuant la liaison entre différents concepts.

Lors de la résolution d'une situation-problème, les élèves des enseignantes rencontrées ont la liberté de réaliser la démarche qui leur convient. Cependant, ils doivent s'assurer de rendre compréhensibles les différentes étapes qu'ils réalisent s'ils veulent que chacun des calculs qu'ils ont effectués soient pris en compte lors de la correction. Ainsi, s'ils commettent une erreur lors d'une étape, l'enseignante pourra tout de même reconnaître la compréhension qu'ils ont manifestée.

En ce qui concerne l'accompagnement des élèves lors de la résolution d'un problème, 22 actions d'accompagnement mises en place par les enseignantes, pouvant être regroupées en quatre grandes catégories, ont été dénombrées: 1) celles qui sont préalables à l'activité de résolution de problèmes, 2) celles qui sont liées aux savoirs mathématiques en jeu, 3) celles liées à la démarche de résolution des élèves et 4) finalement celles à visée

plus générale. Bon nombre de ces actions sont mises en place autant si la situation-problème est réalisée en contexte d'apprentissage ou d'évaluation. Ce qui se dégage d'une manière plus globale est le fait que les enseignantes exposent les élèves à des tâches complexes qu'elles auront préalablement retravaillées afin de permettre le démarrage du processus chez ces derniers. Si les expériences passées ont démontré une difficulté pour plusieurs élèves, un réajustement sera effectué avant d'utiliser le problème l'année suivante. Ensuite, durant l'activité mathématique elle-même, les enseignantes vont intervenir de façon ponctuelle afin d'aider les élèves à surmonter des obstacles variés, et ce, à différents moments. Elles mettent donc en place un nombre considérable de petites actions d'accompagnement qui auront pour effet de permettre à l'élève de surmonter un obstacle. Cet obstacle peut concerner la démarche, un savoir ou d'autres éléments.

Parmi les obstacles possibles, le grand nombre d'informations dans l'énoncé du problème est souvent présent. C'est aussi le cas de la nécessité de reconnaître qu'une partie de l'énoncé entraîne une opération mathématique précise, par exemple la conception d'un système d'équations. Dans l'éventail des actions d'accompagnement dénombrées, le fait de clarifier une information ou une question et d'identifier chez l'élève un raisonnement erroné s'est retrouvé chez toutes les enseignantes. Il est aussi possible de rencontrer, à travers les actions d'accompagnement plus fréquentes, le fait de diviser le cahier de réponses ou l'énoncé en sous-sections afin de structurer l'élève dans sa démarche. Dans le cas d'un élève qui se retrouve devant une difficulté à poursuivre la résolution du problème, l'enseignante peut lui indiquer explicitement une notion qu'il doit utiliser. Concrètement, que les élèves soient en travail individuel ou en équipe, les enseignantes vont se placer à leur disposition afin de les aider à avancer s'ils se retrouvent face à un obstacle mathématique quelconque.

Les actions d'accompagnement qui sont réalisées préalablement à une période de résolution de problèmes peuvent être associées à ce que Roiné (2014) appelle la *contrainte de l'échec*. Par peur de voir les élèves échouer face à la situation-problème, les enseignantes vont mettre en place des stratégies qui viendront compenser des difficultés potentielles. Ce souci de la réussite des élèves se manifeste aussi tout au long de la résolution puisqu'un grand nombre d'actions d'accompagnement vont venir permettre à l'élève de surmonter un obstacle devant lequel il se retrouve coincé. Il est important dans ce contexte de ne pas perdre de vue les obstacles que l'élève doit surmonter lui-même pour réaliser un apprentissage ou parvenir à résoudre le problème par ses propres moyens. C'est ce point de basculement qui rend le rôle de l'enseignant plus complexe dans ces situations.

Finalement, à partir de ce qui se retrouve dans la littérature sur la résolution de problèmes, il a été possible d'avancer que résoudre un problème nécessite quatre grandes étapes : la compréhension de l'énoncé, la conception d'un plan, la résolution du problème et la vérification de la démarche et de la solution. Les différentes actions d'accompagnement peuvent venir atténuer le rôle prépondérant et le niveau de difficulté de certaines de ces étapes. La division de la tâche peut venir remplacer l'étape de conception d'un plan qui devrait être réalisée par l'élève. Du moins, il n'aura plus à réfléchir sur la séquence des actions. Il lui reste à déterminer les concepts à mobiliser pour réaliser chacune des étapes. La phase de vérification n'est pas nécessaire à l'évaluation sommative (MELS 2011). Elle peut malheureusement se faire éclipser par les actions d'accompagnement mises en place par les enseignantes. Lors de l'identification d'un raisonnement erroné, l'enseignante effectue une forme de vérification de la démarche de l'élève ce qui l'amène à se réajuster et lui évite d'avoir à se valider par lui-même.

Limites et perspectives

La méthodologie utilisée dans le cadre de cette recherche a pu induire quelques limites en elle-même. Le fait de consulter des enseignantes uniquement de troisième et de quatrième secondaire vient réduire les différents contextes de résolution de problèmes pouvant être rencontrés en classe. La troisième et la quatrième secondaire sont des années chargées. C'est particulièrement le cas de la quatrième secondaire qui est ciblée par une épreuve ministérielle de fin d'année. Ce cas particulier a nécessairement un impact sur les choix réalisés par l'enseignant. Aussi, le petit nombre d'élèves choisis pour les entrevues avec ces derniers et le fait que les enseignantes devaient les identifier eux-mêmes peut constituer une source de biais en soi.

Dans un autre ordre d'idée, cette recherche ayant permis de révéler plusieurs actions d'accompagnement pouvant être mises en place afin d'aider l'élève à résoudre une situation-problème, elle n'a toutefois pas documenté l'impact de ces actions sur la pratique des élèves. Il serait donc intéressant, dans un autre temps, de se questionner quant à savoir l'impact des actions d'accompagnement sur la capacité des élèves à résoudre des problèmes. Bien que les actions d'accompagnement soient variables d'un enseignant à l'autre, il serait aussi pertinent d'identifier celles qui semblent démontrer une plus grande efficacité et celles qui peuvent avoir un effet néfaste sur la capacité des élèves à résoudre des problèmes complexes.

Aussi, il faut reconsidérer l'absence d'attentes claires du Ministère en matière d'évaluation de la compétence à résoudre des problèmes. C'est pourquoi il pourrait être pertinent de mener une recherche qui permettrait de regrouper les pratiques d'évaluation

mises en place dans différents milieux afin de rendre compte de la capacité des élèves à résoudre des problèmes. Ces informations seraient par la suite réinvesties dans la formation initiale et continue des enseignants.

BIBLIOGRAPHIE

- Altet, M. (2013). *Les pédagogies de l'apprentissage*. Paris: Presse Universitaire de France.
- Astolfi, J.-P. (2014). *L'erreur, un outil pour enseigner* (11e édition.). Issy-les-Moulineaux: ESF.
- Bair, J., Haesbroeck, G., & Haesbroeck, J.-J. (2000). *Formation mathématique par la résolution de problèmes*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Bardin, L. (2013). *L'analyse de contenu*. Paris: Presses universitaires de France.
- Bélanger, J.-P., Deblois, L., & Freiman, V. (2014). Interpréter la créativité du raisonnement dans les productions d'élèves en mathématiques d'une communauté d'apprentissages multidisciplinaires interactifs. *Éducation et francophonie*, 42(2), 44-63.
- Biémar, S. (2012). Accompagner un groupe d'enseignant dans une école : une grille de compétences. Dans E. Charlier, & S. Biémar (Éds.), *Accompagner un agir professionnel* (pp. 19-34). Belgique: De Boeck.
- Boucher, C., Coupal, M., Martine, J., Marotte, L., & Miloudi, B. (2009). *Intersection : Guide d'enseignement A, Mathématique : sciences naturelles, 2e cycle du secondaire*. Montréal: Chenelière éducation.
- Bourassa, B., Serre, F., & Ross, D. (1999). *Apprendre de son expérience*. Presses de l'université du Québec.
- Bousadra, F. (2013). *L'enseignement par projets en sciences et technologies : études des pratiques d'enseignement chez des enseignants du secondaire au Québec*. (Thèse). Université de Sherbrooke.
- Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(9.3), 309-336.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques [textes rassemblés et préparés par N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, V. Warfield]*. Grenoble: La pensée sauvage - Recherches en didactique des mathématiques.

- Brousseau, G. (2004). Les représentations : étude en théorie des situations didactiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(2), 241-277.
- Carlson, M. P., & Bloom, I. (2005). The cyclic nature of problem solving: An emergent multidimensional problem-solving framework. *Educational studies in Mathematics*, 58(1), 45-75.
- Chiu, M. M., Jones, K. A., & Jones, J. L. (2013). Building on schoenfeld's studies of metacognitive control towards social metacognitive control. Dans Y. Li, & J. N. Moschkovich (Éds.), *Proficiency and beliefs in learning and teaching mathematics : Learning from Alan Schoenfeld and Günter Törner* (pp. 69-85). Netherlands: Sense Publishers.
- Cooper, J., & Arcavi, A. (2013). Mathematicians and elementary school mathematics teachers – meetings and bridges. Dans Y. Li, & J. N. Moschkovich (Éds.), *Proficiency and beliefs in learning and teaching mathematics : Learning from Alan Schoenfeld and Günter Törner* (pp. 179-200). Netherlands: Sense Publishers.
- Corbeil, N., Pelletier, M., & Pallascio, R. (2001). Les situations problèmes : au coeur de la réforme en mathématiques. *Instantanés mathématiques*, 37(3), 14-27.
- Côté, C. (2015). *Étude des pratiques sur l'adaptation de l'enseignement des mathématiques en contexte de collaboration et de coenseignement*. (Thèse). Université du Québec à Chicoutimi.
- De Vecchi, G. (2001). *Aider les élèves à apprendre*. Paris: Hachette.
- DeBlois, L. (2011). *Enseigner les mathématiques : Des intentions à préciser pour planifier, guider et interpréter*. Canada: Presses de l'Université de Laval.
- Deblois, L., Barma, S., & Simon, L. (2016). L'enseignement ayant comme visée la compétence à résoudre des problèmes mathématiques : quels enjeux? *Éducation et francophonie*, 44(2), 40-67.
- Delamont, S. (2012). *Handbook of qualitative research in education*. Cheltenham, Angleterre: Edward Elgar Publishing, Inc.
- Demonty, I., & Fagnant, A. (2014). Tâches complexes en mathématiques : difficultés des élèves et exploitations collectives en classe. *Éducation et francophonie*, 42(2), 173-189.

- Descaves, A. (1992). *Comprendre des énoncés, résoudre des problèmes*. Paris: Hachette Éducation.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational studies in mathematics*, 61(1), 103-131.
- Freiman, V., & Savard, A. (2014). Résolution de problèmes en mathématiques. *Éducation et francophonie*, 42(2), 1-6.
- Gauthier, D., & Larouche, S. (2014). Des capsules virtuelles comme support au développement de stratégies d'enseignement des mathématiques du secondaire auprès d'élèves en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage. Dans C. Mary, H. Squalli, L. Theis, & L. Deblois (Éds.), *Recherches sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques : Regard didactique* (pp. 95-112). Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Giroux, J. (2006). *Le plaisir de faire des mathématiques, de les enseigner et de les apprendre*. Dans L. Dupuy Walker, & M. Brodeur (Éds.). Repéré à <http://www.adaptationscolaire.net/themes/JacintoGiroux.pdf>
- Goos, M., Galbraith, P., & Renshaw, P. (2000). A money problem: A source of insight into problem solving action. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 1-21.
- Hatch, J. A. (2002). *Doing qualitative research in education settings*. Albany: State University of New York Press.
- Hitt, F., & Passaro, V. (2007). De la résolution de problèmes à la résolution de situations problèmes: le rôle des représentations spontanées. *Actes de la Commission Internationale pour l'Étude et l'Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques*, 117-123.
- Josselson, R. (2013). *Interviewing for qualitative inquiry - A relational approach*. Guilford Press.
- Labelle, H. (2008). *Les pratiques pédagogiques favorisant le développement de la pensée algébrique*. (Mémoire). Université du Québec à Chicoutimi.
- Lajoie, C., & Bednarz, N. (2012). Évolution de la résolution de problèmes en enseignement des mathématiques au Québec: un parcours sur cent ans des programmes et documents pédagogiques. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 12(2), 178-213.

- Lajoie, C., & Bednarz, N. (2014a). La notion de situation-problème en mathématiques au début du 21^e siècle au Québec: Rupture ou continuité? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*.
- Lajoie, C., & Bednarz, N. (2014b). 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. doi: 10.7202/1027903ar
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Montréal: Guérin.
- Lingefjärd, T., & Farahani, D. (2017a). The Elusive Slope. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-20.
- Lingefjärd, T., & Farahani, D. (2017b). The symbolic world of mathematics. *Journal of Research in Mathematics Education*, 6(2), 118-135.
- Maheux, J.-F., & Proulx, j. (2017). Éthique et activité mathématique. *L'éthique en éducation : fondements et orientations actuelles de la recherche*, 45(1), 174-194.
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. John Wiley & Sons.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2007). *Programme de formation de l'école québécoise : enseignement secondaire, deuxième cycle - Domaine de la mathématique*. Québec
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2009). *Échelles de niveaux de compétence : enseignement secondaire, 2^e cycle*. Québec
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2011). *Cadre d'évaluation des apprentissages - Mathématique : enseignement secondaire 1^{er} et 2^e cycle*. Québec
- Ministère de l'Éducation du Québec. (2001). *Programme de formation de l'école québécoise : Éducation préscolaire et enseignement primaire*. Québec
- Ministère de l'Éducation du Québec. (2006). *Programme de formation de l'école québécoise : Enseignement secondaire, premier cycle - Domaine de la mathématique*. Québec

- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2016). *Progression des apprentissages au secondaire : Mathématique*. Québec
- Nesher, P., Hershkovitz, S., & Novotna, J. (2003). Situation model, text base and what else? Factors affecting problem solving. *Educational studies in mathematics*, 52(2), 151-176.
- Paillé, P., & Mucchielli, A. (2016). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales* (Quatrième édition.). Malakoff: Armand Colin.
- Pallascio, R. (2005). Les situations-problèmes : un concept central du nouveau programme de mathématique. *Vie pédagogique*, 136, 32-35.
- Poirier, L. (2001). *Enseigner les maths au primaire : notes didactiques*. Saint-Laurent: ERPI.
- Polya, G. (1957). *Comment poser et résoudre un problème* (traduit par C. Mesnage). France: Dunod.
- Raynal, F., & Rieunier, A. (2012). *Pédagogie, dictionnaire des concepts clés : apprentissage, formation et psychologie cognitive 9e éd.* Paris: Édition Sociale Française.
- Reiss, K., M. Lindmeier, A., Barchfeld, P., & Beate, S. (2013). Developing problem solving skills in elementary school. Dans Y. Li, & J. N. Moschkovich (Éds.), *Proficiency and beliefs in learning and teaching mathematics : Learning from Alan Schoenfeld and Günter Törner* (pp. 33-49). Netherlands: Sense Publishers.
- Roiné, C. (2014). Les paradoxes de l'aide aux «élèves en difficulté» dans l'enseignement des mathématiques. Dans C. Mary, H. Squalli, L. Theis, & L. Deblois (Éds.), *Recherches sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques : Regard didactique* (pp. 45-62). Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Sáenz-Ludlow, A., & Kadunz, G. (2016). Constructing knowledge seen as semiotic activity. Dans A. SÁENZ-LUDLOW, & G. KADUNZ (Éds.), *Semiotic as a tool for learning mathematics - How to describe the construction, visualisation, and communication of mathematical concepts*. Pays-Bas: SensePublishers.
- Savoie-Zajc, L. (2011). La recherche qualitative/interprétative en éducation. Dans L. Savoie-Zajc, & T. Karsenti (Éds.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (pp. 123-148). Saint-Laurent: ERPI.

- Schmeisser, C., Krauss, S., Bruckmaier, G., Ufer, S., & Blum, W. (2013). Transmissive and constructivist beliefs of in-service mathematics teachers and of beginning university students. Dans Y. Li, & J. N. Moschkovich (Éds.), *Proficiency and beliefs in learning and teaching mathematics : Learning from Alan Schoenfeld and Günter Törner* (pp. 51-67). Netherlands: Sense Publishers.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. San Diego, Calif. ; Toronto: Academic.
- Schoenfeld, A. H. (2004). The math wars. *Educational policy*, 18(1), 253-286.
- Schoenfeld, A. H. (2013). Encore. Dans Y. Li, & J. N. Moschkovich (Éds.), *Proficiency and beliefs in learning and teaching mathematics : Learning from Alan Schoenfeld and Günter Törner* (pp. 287-301). Netherlands: Sense Publishers.
- Tall, D. (2004). Thinking Through Three Worlds of Mathematics. *International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 4, 281-288.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique - L'apport de la psychologie cognitive*. Les éditions Logiques.
- Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Montréal: Éditions MultiMondes.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherche en didactique des mathématiques*, 10(2.3), 133-170.
- Vermersch, P. (2014). *L'entretien d'explicitation*. France: ESF éditeur.
- Vienneau, R. (2017). *Apprentissage et enseignement : théories et pratiques* (3e). Montréal: Gaëtan Morin éditeur.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4, 45-69.
- Vygotski, L. (1985). *Pensée et langage*. Paris: Messidor, éditions sociales.

ANNEXE 1 : Guide d'entrevue pour les enseignantes

1. Identification de l'enseignant
 - a. Nombre d'année d'expériences
 - b. Quels niveaux avez-vous enseigné
2. Croyez-vous qu'il est difficile pour les élèves de résoudre des problèmes qui font le lien entre plusieurs savoirs mathématiques.
3. A votre avis est-il difficile, pour un enseignant, d'effectuer des liaisons entre différents contenus mathématiques du programme? Expliquez pourquoi.
4. Quelles stratégies utilisez-vous pour faciliter la liaison (chevauchement) de contenus mathématiques auprès des élèves?
5. À votre avis les manuels scolaires aident-ils à faire des liens entre les savoirs mathématiques.
6. Comment croyez-vous que les élèves raisonnent dans les problèmes mobilisant plusieurs savoirs mathématiques? Qu'est-ce qui peut être perçu comme un obstacle? Qu'est-ce qu'ils font pour surmonter cet obstacle?
7. Dans quel contexte pratiquez-vous la résolution de problèmes avec vos élèves?
8. Quelles directives donnez-vous à vos élèves pour résoudre des problèmes?
9. Avez-vous une démarche particulière (technique de résolution) qui se doit d'être respectée par les élèves?
 - a. Décrivez-nous cette démarche?
 - b. Obligez-vous l'utilisation de cette démarche?
 - c. Si oui : Pourquoi obligez-vous l'utilisation de cette démarche? Quel est l'objectif visé?
 - d. Pouvez-vous décrire la démarche que vous exigez?

e. Les élèves peuvent-ils déroger de cette démarche?

10. Les périodes de résolution de problèmes vous demandent-elles un temps de préparation particulier?

11. Comment effectuez-vous la correction des situations-problèmes?

12. Comment effectuez-vous la sélection des problèmes? (D'où viennent-ils)

13. Est-ce qu'il y a de la coopération entre enseignant au niveau de la résolution de problèmes complexes? (Choix, identification d'une méthode)

14. Que pensez-vous du travail en équipe lors de la résolution de problèmes?

15. Identification du groupe et de la tâche qui sera demandée

- a. Combien d'élève dans le groupe
- b. Quelle est la clientèle
- c. Quelle sera la tâche demandée (savoirs en jeu)
- d. Déroulement anticipé

ANNEXE 2 : Grille d'observation

Date : _____

Enseignante : _____

Page # _____

Interventions des élèves	Interventions de l'enseignant	Note de l'observateur

ANNEXE 3 : Guide d'entrevue avec les élèves (Enseignante #1)

Question d'ordre général

1. Comment vous jugez-vous en mathématique? Aimez-vous les maths?
2. Que pensez-vous des CD1? Facile / difficile?
3. Quand vous résolvez un gros problème (CD1)
 - a. Comment vous vous y prenez
 - b. À quoi vous pensez que votre enseignante s'attend
 - i. Est-ce qu'elle veut une démarche précise?
 - ii. Pouvez-vous faire ce que vous voulez?
4. Pour résoudre des gros problèmes, est-ce que votre enseignante vous donne des «trucs» qui vous aident?
5. L'enseignant vous montre-elle les étapes au tableau après le problème? Toujours? Comment? Vous montre-t-elle toujours la même procédure?

Question sur le problème du camping

6. Peux-tu m'expliquer ce que tu as retenu de l'énoncé du problème après l'avoir lu pour la première fois?
 - a. Qu'as-tu pensé du problème?
 - b. Le considérais-tu comme difficile?
 - i. Si oui, qu'est-ce qui le rendait difficile à tes yeux?
7. De quelle façon as-tu procéder pour résoudre le problème? As-tu utilisé une démarche particulière? Si oui, laquelle?
8. Est-ce que le fait que le cahier de réponse soit divisé en section te rend la tâche plus facile?
9. Durant la résolution du problème, est-ce qu'il y a des choses que Mme [nom de l'enseignante] a dit ou fait qui peuvent t'avoir aidé à résoudre le problème (Exemple : la pyramide sur le morceau de papier?)
10. Avec quels chapitres, ou théorie peux-tu rattacher ce problème?
11. Questions ou commentaires?

ANNEXE 4 : Guide d'entrevue avec les élèves (Enseignante #2)

Question d'ordre général

1. Comment vous jugez-vous en mathématique? Aimez-vous les maths?
2. Que pensez-vous des CD1? Facile / difficile?
3. Quand vous résolvez un gros problème (CD1)
 - a. Comment vous vous y prenez
 - b. À quoi vous pensez que votre enseignante s'attend
 - i. Est-ce qu'elle veut une démarche précise?
 - ii. Pouvez-vous faire ce que vous voulez?
4. Pour résoudre des gros problèmes, est-ce que votre enseignante vous donne des «trucs» qui vous aident?
5. L'enseignant vous montre-elle les étapes au tableau après le problème? Toujours? Comment? Vous montre-t-elle toujours la même procédure?

Question sur le problème concerné.

6. Peux-tu m'expliquer ce que tu as retenu de l'énoncé du problème après l'avoir lu pour la première fois?
 - a. Qu'avez-vous pensé du problème?
 - b. Le considérez-vous comme difficile?
 - i. Si oui, qu'est-ce qui le rendait difficile à vos yeux?
7. Est-ce qu'il y a des consignes qui vous ont aidées? Soit dans le texte, soit énoncées par Mme. [nom de l'enseignante].
8. De quelle façon avez-vous procédé pour résoudre le problème? Avez-vous utilisé une démarche particulière? Si oui, laquelle?
9. Est-ce que le fait de travailler en équipe pourrait vous a facilité la tâche à votre avis? Auriez-vous préféré cela?
10. Durant la résolution du problème, est-ce qu'il y a des choses que Mme [nom de l'enseignante] a dit ou fait qui peuvent vous avoir aidé à résoudre le problème.
11. Avec quels chapitres, ou théorie peux-tu rattacher ce problème?
12. Questions ou commentaires?

ANNEXE 5 : Guide d'entrevue avec les élèves (Enseignante #3)

Question d'ordre général

1. Comment vous jugez-vous en mathématique? Aimez-vous les maths?
2. Que pensez-vous des CD1? Facile / difficile?
3. Quand vous résolvez un gros problème (CD1)
 - a. Comment vous vous y prenez
 - b. À quoi vous pensez que votre enseignante s'attend
 - i. Est-ce qu'elle veut une démarche précise?
 - ii. Pouvez-vous faire ce que vous voulez?
4. Pour résoudre des gros problèmes, est-ce que votre enseignante vous donne des «trucs» qui vous aident?
5. L'enseignant vous montre-elle les étapes au tableau après le problème? Toujours? Comment? Vous montre-t-elle toujours la même procédure?

Question sur le problème «À la découverte de l'abitibi».

6. Peux-tu m'expliquer ce que tu as retenu de l'énoncé du problème après l'avoir lu pour la première fois?
 - a. Qu'avez-vous pensé du problème?
 - b. Le considérez-vous comme difficile?
 - i. Si oui, qu'est-ce qui le rendait difficile à vos yeux?
7. Est-ce que le fait que Mme [nom de l'enseignante] ait lu le problème avec vous en avant a pu vous aider?
8. Le dessin qu'elle a fait au tableau, présentant ce que vous deviez trouver, vous a-t-il aidé?
9. De quelle façon avez-vous procédé pour résoudre le problème? Avez-vous utilisé une démarche particulière? Si oui, laquelle?
10. Est-ce que le fait de travailler en équipe vous a facilité la tâche à votre avis? Auriez-vous préféré travailler seul?
11. Durant la résolution du problème, est-ce qu'il y a des choses que Mme [nom de l'enseignante] a dites ou faites qui peuvent vous avoir aidé à résoudre le problème. (Pénalisé?)
12. Avec quels chapitres, ou théorie peux-tu rattacher ce problème?
13. Questions ou commentaires?

ANNEXE 6 : Situation-problème (Enseignante #1 : Première observation)

Pratique d'une CD1 : Le camping

Pour encourager les familles à fréquenter son camping, le propriétaire du terrain a acheté des jeux et prévoit faire un parc d'amusements. Comme il ne peut pas agrandir son terrain, le propriétaire devra utiliser un certain nombre d'emplacements existants pour installer ces jeux. Ces emplacements ne pourront plus être loués, ce qui entraînera une perte de revenu de location. Le propriétaire veut connaître le nombre d'emplacements qui devront être utilisés pour l'installation de ces jeux ainsi que les frais d'achat et d'installation reliés à ce projet.

Pour lui permettre d'atteindre ses objectifs, le propriétaire du camping vous demande d'indiquer les dimensions sur le plan final et de déterminer le nombre d'emplacements qui devront être utilisés pour l'installation de ces jeux. Il voudrait également connaître les coûts d'achat et d'installation de ces jeux, ainsi que la perte de revenus de location associée à ce projet pour la prochaine saison.

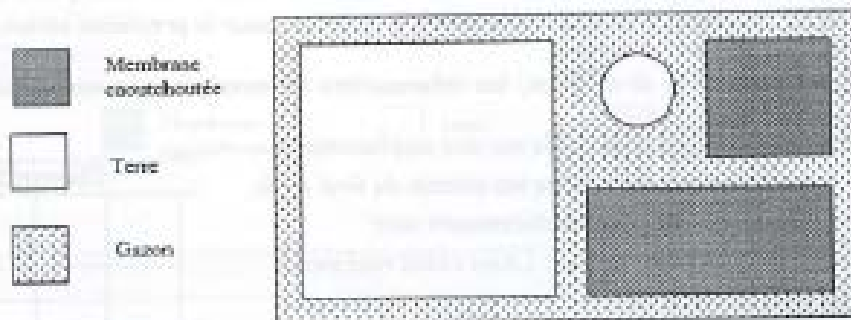
Vous trouverez, ci-dessous, les informations nécessaires pour vos calculs.

1. Les jeux seront installés sur des emplacements pour tentes situés entre les chemins du Geai et du Chardonneret. Ces emplacements sont isométriques et carrés. Leurs côtés mesurent chacun 8,5 m.



2. Afin de permettre la circulation autour des jeux, une distance minimale de 1 m devra séparer les jeux l'un de l'autre et séparer les jeux des limites du terrain de jeux.
3. Le terrain de camping comprend actuellement 84 emplacements de location pour tentes qui sont loués 27 \$ par nuit.
4. Le camping est ouvert 150 jours par année et affiche complet 54 jours durant la période d'ouverture. Durant les 96 autres jours, seulement 42 emplacements pour tentes sont loués.
5. Le propriétaire a déboursé 8 610 \$ pour acheter quatre jeux : la fusée, la pyramide araignée, le tricyclo et les bulles tamponneuses.

6. Les emplacements utilisés pour installer les jeux ne pourront plus être loués, ce qui entraînera une diminution du revenu de location les jours où le camping serait plein. Pour cette raison, le propriétaire veut utiliser le moins d'emplacements possible pour installer les jeux.
7. Avant d'installer les jeux, il faudra préparer les emplacements nécessaires en enlevant les arbres et en nivelant le sol. Le coût de cette préparation est de 100 \$ par emplacement.
8. Certains jeux seront installés directement sur la terre; les autres jeux seront fixés sur une membrane caoutchoutée. L'espace libre autour des jeux sera gazonné.
- Le propriétaire a fait un croquis représentant la disposition qu'il a choisie pour les jeux.



9. La membrane caoutchoutée est fabriquée sur mesure. Son coût est de 25 \$ le m^2 .
10. Une entreprise locale vend et installe du gazon. Le prix demandé comprend un montant fixe auquel s'ajoute un montant proportionnel à l'aire à couvrir. La table de valeurs ci-contre montre le prix demandé pour le gazonnement de différentes aires à couvrir.
- | Aire à couvrir (m^2) | Coût demandé pour gazonner (\$) |
|--------------------------|---------------------------------|
| 250 | 1 125 |
| 375 | 1 650 |
| 500 | 2 175 |
11. Les jeux installés directement sur la terre n'engendrent aucun coût.

Fiche descriptive des jeux

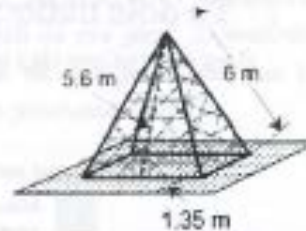
La fusée

- La fusée est un trampoline circulaire couvert d'un pare-soleil de toile.
- Le pare-soleil a la forme d'un cône circulaire droit.
- L'aire de la toile formant le pare-soleil est de $15,7079 \text{ m}^2$.
- L'apothème du pare-soleil mesure $2,5 \text{ m}$.
- Le rayon du trampoline et celui du pare-soleil sont de même mesure.
- Des filets de sécurité sont installés verticalement sur les côtés du jeu.
- La fusée est installée directement sur la terre.



La pyramide araignée

- La pyramide araignée est un jeu d'escalade. Des cordages sont fixés à une structure métallique. On peut grimper à l'extérieur ou à l'intérieur de la pyramide.
- La structure métallique a la forme d'une pyramide droite à base carrée.
- Chaque arête latérale de la pyramide mesure 6 m .
- L'apothème de la pyramide est de $5,6 \text{ m}$.
- La pyramide est installée sur une membrane caoutchoutée qui fait partie du jeu.
- Une bande de membrane de $1,35 \text{ m}$ de large est installée autour de la base de la pyramide.

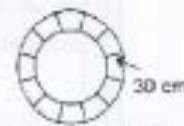


Les bulles tamponneuses

- Les bulles tamponneuses sont des sphères à l'intérieur desquelles des joueurs prennent place. Ils font rouler les bulles sur une zone de jeu.
- Chaque bulle est formée de deux sphères insérées l'une dans l'autre. Les deux sphères sont retenues ensemble par des chambres à air permettant d'amortir les chocs.
- Le jeu comprend deux formats semblables de bulles : des bulles pour enfant et des bulles pour adultes.
- La sphère extérieure d'une bulle pour enfant a un volume de 905 dm^3 .
- Les chambres à air d'une bulle pour enfant ont une épaisseur de 20 cm .
- Les chambres à air d'une bulle pour adulte ont une épaisseur de 30 cm .
- La zone de jeu est rectangulaire et doit avoir une aire de 102 m^2 .
- La zone de jeu doit être assez longue et assez large pour qu'une bulle pour adulte puisse faire au moins 3 rotations en longueur et au moins 1 rotation en largeur.
- La zone de jeu est recouverte d'une membrane caoutchoutée.



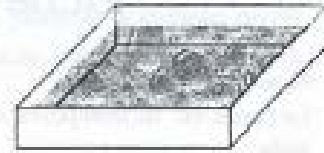
Coupe transversale d'une bulle pour enfant



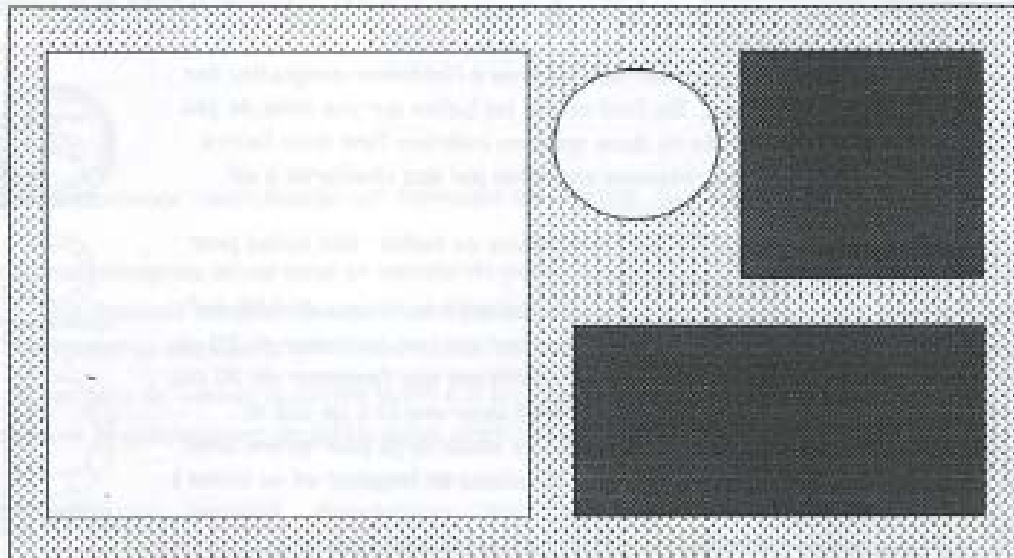
Coupe transversale d'une bulle pour adulte

Le tricyclo

- Le tricyclo est un bassin d'eau sur lequel peuvent circuler des tricycles flottants.
- Le bassin a la forme d'un prisme droit à base carrée.
- Le volume d'eau dans le bassin est de 98 kl.
- Dans le bassin, l'eau atteint une hauteur de 50 cm.
- Le bassin est installé directement sur la terre.



Tu dois indiquer les dimensions sur ce plan final.
(Les dimensions des quatre jeux et les dimensions du terrain de jeux.)

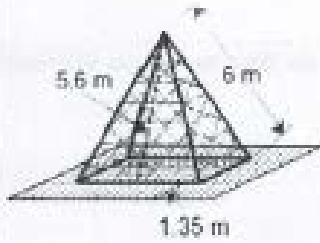


Les traces de ta démarche

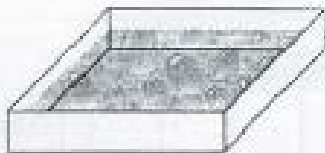
La fusée



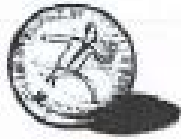
La pyramide araignée



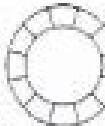
Le tricyclo



Les bulles tamponneuses



20 cm
Coupe transversale
d'une bulle pour enfant

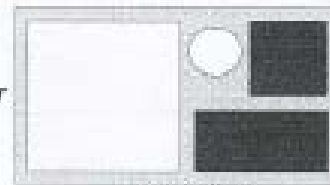


30 cm
Coupe transversale
d'une bulle pour adulte



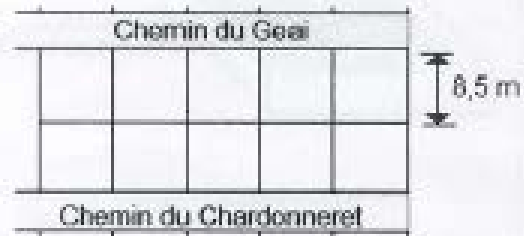
Placez les dimensions du terrain de jeux sur le plan final.

Largeur



Longueur

Nombre d'emplacements



Coût de la perte de revenu engendrée par le nombre de terrains en moins.

Coût de la préparation des emplacements

Quantité en m^2 et coût de la membrane caoutchoutée

Quantité en m² et coût du gazon

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

Coût total de l'aménagement (coût d'achat et d'aménagement des jeux)

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

ANNEXE 7 : Situation-problème (Enseignante #1 : deuxième observation)

Pratique CDI

Nom : _____

fin mai

Enfin, la fête!

Charlotte et Simon ont décidé de faire une grosse fête avec leurs amis. Hé ! Pourquoi ne pas en profiter pour s'unir officiellement ! Les noces seront célébrées à l'extérieur, donc il faut tout prévoir en cas de pluie...ou de soleil trop ardent.

Ils ont l'intention de monter un abri pour recevoir leurs invités, de leur offrir un cocktail de bienvenue, de faire installer des tables et des couverts, d'avoir un traiteur pour le repas et, enfin, d'offrir un petit cadeau surprise à leurs invités.

Plus ils progressent dans l'élaboration du projet, plus Charlotte et Simon s'aperçoivent que tous ces projets finissent par coûter cher !

Alors en consommateurs avertis, sans être trop radins, ils devront choisir les meilleures offres. Ils doivent donc magasiner et trouver les meilleurs coûts pour l'ensemble de l'événement.

Un radin est une personne qui se préoccupe beaucoup de ses sous...

Charlotte et Simon comptent 168 invités en tout pour leurs noces et ont un budget de 12 000 \$.



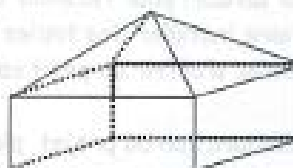
Note: Tous les calculs se font à partir du nombre d'invités sans inclure les mariés.

La tâche

- Trouver les coûts des noces de Charlotte et Simon.
- Répondre à la question : *Lequel des projets suivants Charlotte et Simon pourront-ils se payer avec le surplus du budget prévu ?*
 - **Projet A:** Si le surplus est [0, 1000 [dollars, ils se paieront une fin de semaine à New-York.
 - **Projet B:** Si le surplus est [1000, 2000 [dollars, ils se paieront un voyage d'une semaine à Miami.
 - **Projet C:** Si le surplus est [2000, 12 000 [dollars, ils se paieront un voyage dans les Iles du sud.

1. LA LOCATION DES CHAPITEAUX

Le grand nombre d'invités exigera sûrement plus d'un chapiteau. Un chapiteau est fait de deux parties. Voici un dessin des deux parties d'un chapiteau :



Informations sur un chapiteau :

- La section du bas du chapiteau est un prisme droit à base carrée de 6 mètres de côté et de 3,1 mètres de hauteur ;
- une pyramide droite surmonte le prisme de la section du bas ;
- la hauteur totale du chapiteau est de 5 mètres ;
- un chapiteau se loue 72 \$ l'unité.

Simon et Charlotte savent aussi que les normes de sécurité, pour ce type de chapiteau, exigent 4 m^3 d'espace (bas du chapiteau et pyramide comprise) par invité.

2. L'INSTALLATION DES CHAPITEAUX

L'installation des chapiteaux doit se faire le plus vite possible le samedi matin entre 9h30 et 12h00, car le traiteur arrivera vers 12h00. Étant donné que Charlotte et Simon fournissent le dîner aux employés, ils demandent d'avoir le nombre minimal d'employés.

Voici un tableau représentant le temps requis par employé en heures pour l'installation des chapiteaux selon le nombre d'employés:

Temps requis pour l'installation des chapiteaux

Nombre d'employés	Temps requis par employé (en heures)
1	10
2	5
5	2

Chaque employé demande 10 \$ la demi-heure pour l'installation et on paiera 12 \$ pour le dîner de chaque employé.

3. LA LOCATION DES TABLES

Charlotte et Simon commencent à magasiner pour la location des tables, incluant les couverts, les nappes et les chaises.

- La compagnie C'est la fête demande 49 \$ par table.
- La compagnie Brin de folie demande 38 \$ par table et un prix de base de 264 \$.

Charlotte et Simon s'aperçoivent que le coût pour le nombre de tables dont ils ont besoin sera exactement le même chez les deux compagnies.

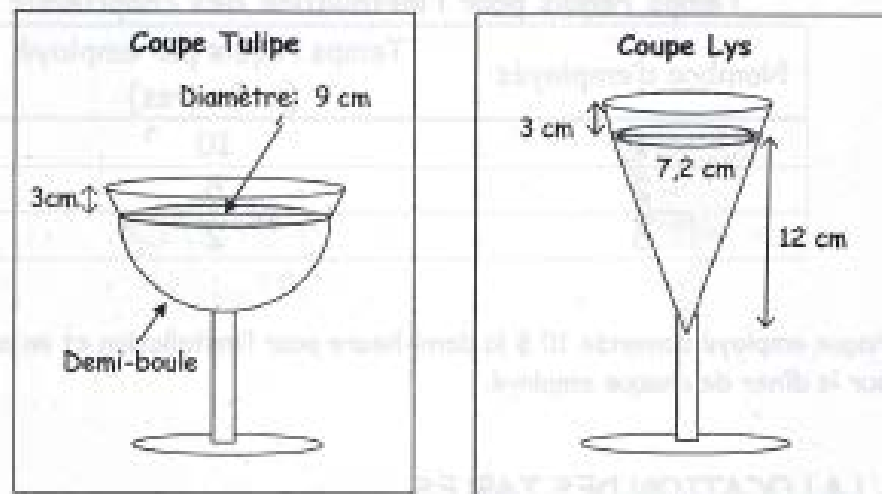
(Coût chez la compagnie Fête à tout) = (Coût chez la compagnie Brin de folie)

4. LE COCKTAIL DE BIENVENUE

Charlotte et Simon veulent offrir un verre de bienvenue à leurs invités. Ils considèrent qu'offrir une coupe remplie à 3 cm du bord respecte l'éthique des bonnes manières.

Ils doivent choisir un modèle parmi les deux coupes à cocktail suivantes :
La coupe Tulipe ou la coupe Lys.

Voici l'illustration des deux coupes possibles :



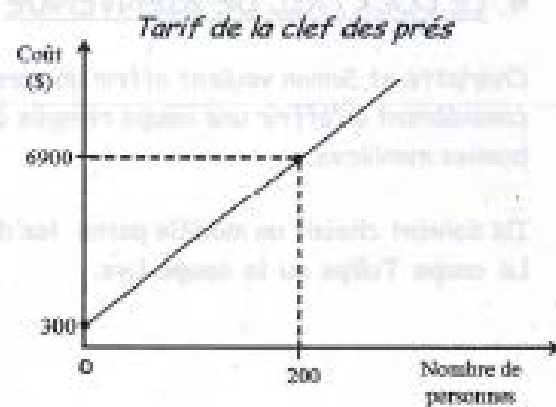
Charlotte et Simon veulent dépenser au plus 800 \$ pour acheter des bouteilles de Nectar Sublime. Le Nectar Sublime est un cocktail déjà préparé dont les bouteilles ont un format unique d'une capacité de 750 mL. Elles coûtent 20 \$ chacune. Il faut aussi prévoir 2 bouteilles de plus pour les imprévus.

5. LE TRAITEUR

Pour le repas, Charlotte et Simon ont le choix entre 3 traiteurs :

1^{er} traiteur : *La clef des prés*

Ci-contre, un graphique représentant le coût en dollars selon le nombre de personnes.



2^e traiteur : *Manon et ses p'tits plats*

Ce traiteur demande un montant de base fixe et un coût par personne; les informations données sont les suivantes :

Exemples de coût selon le nombre de personnes

Nombre de personnes	Coût total en \$
50	1800
100	3500
150	5200

3^e traiteur : *Le pied de biche*

Ce traiteur demande 35 \$ du couvert sans aucun frais de base.

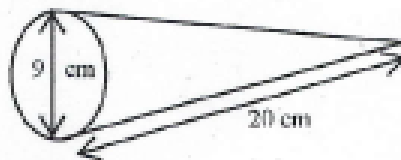
Les dragées sont de petits bonbons que l'on offre lors d'événements spéciaux.

6. LES CORNETS DE DRAGÉES

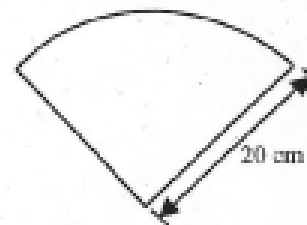
Charlotte et Simon comptent offrir une petite surprise à chacun de leurs invités. Un cornet de dragées en forme de cône sera placé devant leurs assiettes. Pour cela, ils fabriqueront 168 cônes en cellophane (*plastique transparent*).

- Le cellophane se vend 5,64 \$ en feuille rectangulaire de 30 cm de largeur par 8 mètres de longueur.
- Les cônes sont ouverts en leur extrémité.
- Au total, on compte 25 % de perte de cellophane lors du découpage dans les feuilles pour fabriquer les cônes.
- Il faut ajouter un coût de 150 \$ pour l'achat des dragées afin de remplir tous les cornets.

Cône



Cône développé



5

ANNEXE 8 : Situation-problème (Enseignante #2 : première observation)

Chasse aux trésors

Le camp où vous êtes animateur organise une chasse aux trésors pour les 45 enfants qui y sont inscrits. Le budget alloué à cette activité est de 200 \$. Ce budget prévoit l'achat d'une banderole, de foulards et de trésors ainsi que la plastification de cartes d'indices. Les coûts indiqués incluent les taxes.

Votre tâche consiste à déterminer le nombre de gros trésors que votre budget vous permet d'acheter et fournir les coordonnées des emplacements où vous choisissez de les cacher.

LE TERRAIN DE CHASSE

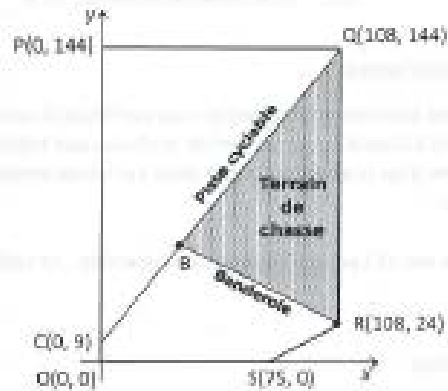
La chasse aux trésors a lieu dans un parc municipal. Ce parc est représenté dans le plan cartésien ci-contre par le pentagone OPQRS. Ce plan est gradué en mètres.

Le segment de droite CQ représente une piste cyclable.

Le triangle RBQ représente le terrain où la chasse aux trésors a lieu.

Les points R et B représentent des arbres auxquels une banderole sera attachée.

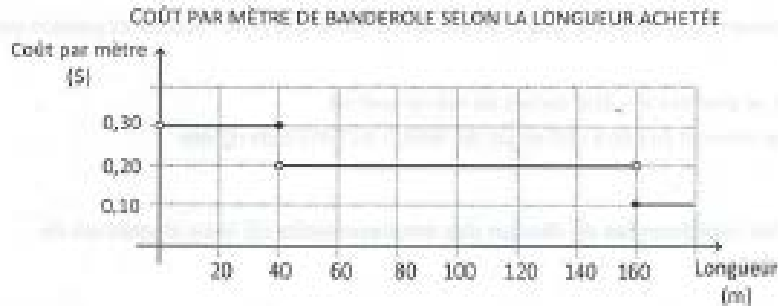
Le point B est situé au $\frac{1}{3}$ de la distance entre C et Q, et ce, à partir de C.



LA BANDEROLE

Pour indiquer la ligne de départ de la chasse aux trésors, une banderole sera tendue entre les arbres R et B. La longueur de la banderole achetée doit être de 2 mètres de plus que la distance entre les arbres R et B. Ces mètres supplémentaires serviront à attacher la banderole aux arbres.

Le quincaillier le plus près du camp vend de la banderole au mètre. Le coût d'un mètre de banderole dépend du nombre de mètres achetés. Voici l'information concernant le coût de la banderole.



LES FOULARDS

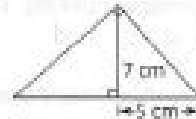
Durant la chasse aux trésors, chaque enfant porte un foulard aux couleurs de son équipe. Une couturière confectionne les 45 foulards nécessaires. La fonction f décrite ci-dessous permet de calculer le coût total des foulards selon le nombre de foulards confectionnés.

$$f(x) = \begin{cases} 2x & \text{si } 0 < x < 20 \\ 0,6x + 28 & \text{si } x \geq 20 \end{cases}$$

où x : nombre de foulards confectionnés
 $f(x)$: coût total des foulards, en \$

LA CARTES D'INDICES

Des cartes fournissant des indices aux participants sont placées à différents endroits sur le terrain de la chasse aux trésors. Chaque carte a la forme d'un triangle rectangle dont certaines mesures sont indiquées ci-contre.



Chacune des 18 cartes d'indices sera plastifiée. Le coût de la plastification est de $0,025$ le cm^2 .

LES TRÉSORS

Il y aura deux types de trésors : des petits et des gros. Avec le reste du budget, vous achetez 9 petits trésors et le plus grand nombre possible de gros trésors. Chaque petit trésor coûte 6 \$. Chaque gros trésor coûte 14 \$.

L'EMPLACEMENT DES GROS TRÉSORS

Le jour de la chasse aux trésors vous cachez les gros trésors aux emplacements que vous choisissez. C'est un autre animateur qui cache les petits trésors.

Les emplacements des gros trésors seront choisis parmi les points $(80, 75)$, $(84, 105)$, $(100, 100)$, $(84, 80)$, $(96, 120)$, $(96, 95)$ et doivent respecter les règles suivantes.

- Les gros trésors doivent être cachés le long d'un sentier parallèle à la piste cyclable et passant par le point $(60, 50)$
- Deux gros trésors ne peuvent pas être cachés au même endroit.
- Les gros trésors ne peuvent pas être cachés sur les limites du terrain de chasse.

Vous devez indiquer les coordonnées de chacun des emplacements où vous choisissez de cacher chaque gros trésor.

ANNEXE 9 : Situation-problème (Enseignante #2 : situation pour l'entrevue)

Nom : _____

Groupe : _____ Date : _____

Indiana Jones : L'archéologue



L'archéologue étudie les restes laissés par les civilisations anciennes. Le chantier sur lequel travaille l'archéologue peut être en mer ou sur terre; on parle alors de fouilles marines ou de fouilles sur le terrain. Il existe plusieurs types de fouilles archéologiques de terrain. L'archéologue peut travailler à déterminer s'il existe des vestiges sur un site; on parle alors d'une fouille préventive. Il est aussi possible de planifier et d'organiser à l'avance un chantier archéologique; on parlera alors d'une fouille programmée. Il peut arriver que l'archéologue soit appelé sur un site lors de découvertes d'anciennes ruines; on parlera alors de fouilles de sauvetage.

Tu fais maintenant partie d'une équipe d'archéologues appelés à se déplacer au sud de l'Europe sur les lieux d'un site de construction où l'on aurait découvert des ruines appartenant aux Templiers. Ces derniers sont des chevaliers du 12^e siècle.

Ton patron te nomme responsable de la sécurité et il te demande de planifier la fouille de sauvetage. Habituellement, les zones de fouilles sont carrées. Toutefois, le terrain étant très irrégulier, il y aura 3 surfaces triangulaires où les fouilles seront réalisées.

Afin de maximiser les chances de trouver des artefacts, il est important d'être très bien planifié et de commencer la fouille rapidement, et ce, avec le plus bas coût possible.

Ton manda consiste à :

- ✓ Trouver l'emplacement exact du campement;
- ✓ Calculer le coût de location pour la clôture;
- ✓ Calculer le coût pour la location du cordage;
- ✓ Calculer le coût pour la location de la bâche protectrice;
- ✓ Calculer le salaire des techniciens et des archéologues;
- ✓ Déterminer le coût total du projet.



Ton patron te remet son calepin de notes afin que tu puisses avoir une idée du plan des zones de fouilles, de l'emplacement du campement, du choix du forfait pour la clôture, du coût de location de la bâche et des informations sur les salaires des archéologues et des techniciens. Aussi, il te demande de compléter le tableau synthèse à la fin du document.

À toi de jouer !

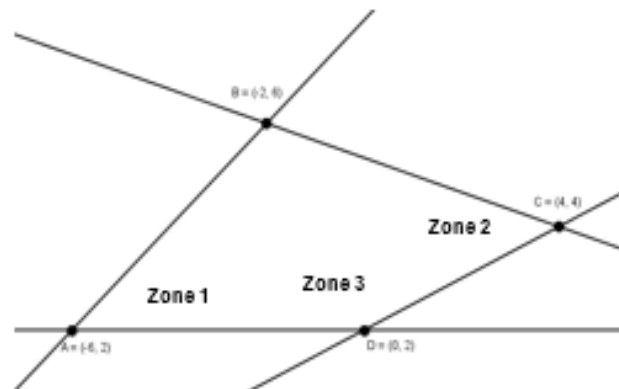
(Arrondie tes résultats au centième près)

Plan du campement et d'installation des clôtures

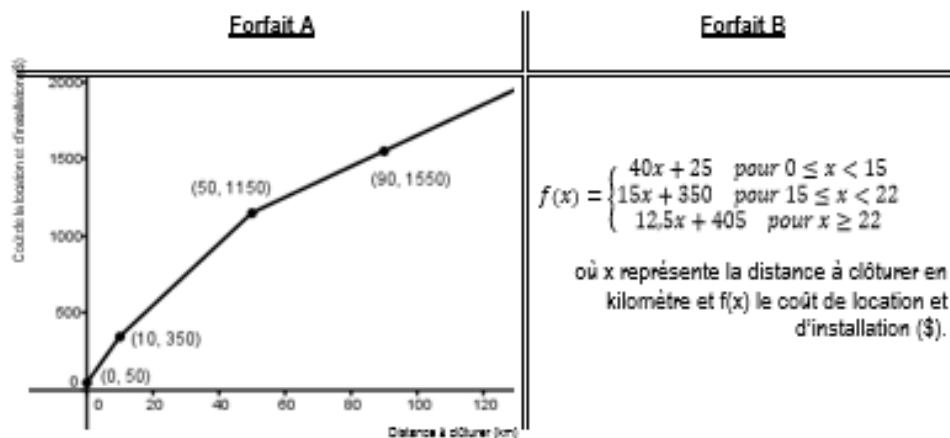
Le site archéologique est délimité par quatre droites qui se croisent aux points A(-6,2), B(-2,6), C(4,4) et D(0,2). Voici quelques conditions quant à la position du campement.

(Les mesures sont en kilomètres)

- ↳ Le campement est situé au point G;
- ↳ Le point G est situé au centre du segment EF;
- ↳ Le point E est situé au quart du segment AB à partir de A;
- ↳ Le point F est situé sur le segment BC dans un rapport 1 : 1 à partir de C;

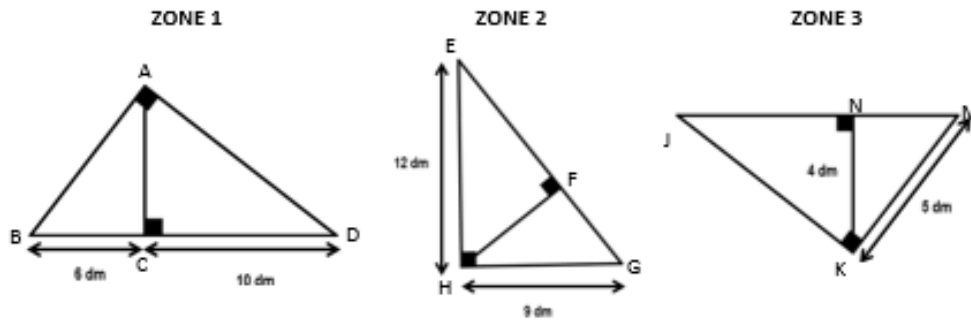


- ↳ Afin de rendre le site sécuritaire et le maintenir à l'abri des curieux, nous devons installer des clôtures autour du site. Nous avons le choix entre deux forfaits. Soit le forfait A représenté graphiquement ou le forfait B représenté par une fonction $f(x)$. (la pose est comprise dans le forfait) :

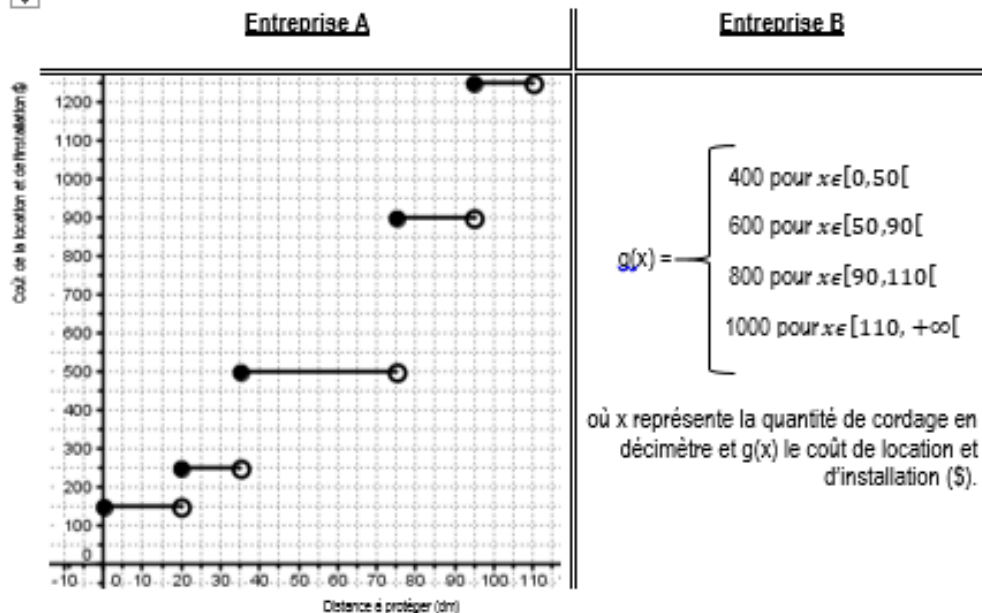


Description des zones de fouilles

Les zones de fouille ont une forme de triangle rectangle. Voici le plan des trois zones.
(Les mesures sont en décimètres)



- 4 Afin de ne pas abimer les artéfacts présents dans chacune des zones de fouilles, on doit installer des cordages autour de chaque zone. Il y a deux entreprises qui offrent la location et l'installation de ce type de cordage. Soit l'entreprise A à l'aide d'une représentation graphique ou l'entreprise B représenté par la fonction $g(x)$ suivante.



Le sol de la zone 1 est particulièrement friable, donc très fragile. On doit couvrir entièrement la zone 1 d'une bâche protectrice. Dans les différents magasins de la région, il y a une forte corrélation entre l'aire de la surface à couvrir en dm^2 et le coût d'une bâche protectrice (\$).

Cette liste permet d'estimer le prix d'une bâche en fonction de la surface à couvrir.

Surface (dm^2)	Coût (\$)
16	210,69
17,7	212,10
20,5	230,40
26,6	245,12
29	257,71
33,8	278,55
37,5	290,20
42,1	306,90
45,2	320,50

N.B. Pour une meilleure estimation, tu dois arrondir des calculs au centième près et utiliser la droite de Mayer

Coût pour une fouille archéologique

La fouille de chaque zone est effectuée par une équipe composée d'archéologues et de techniciens. On a évalué qu'une équipe de 4 archéologues et 5 techniciens travailleront sur la zone 1 pour un coût de 4 350\$. La zone 2 sera fouillée par 3 archéologues et 6 techniciens pour un coût de 4 050\$. 2 archéologues et 4 techniciens seront nécessaires pour fouiller la zone 3.

A toi maintenant de calculer le coût total de ce projet archéologique qui te rendras incontestablement plus célèbre qu'Indiana Jones!

ANNEXE 10 : Situation-problème (Enseignante #3 : première observation)



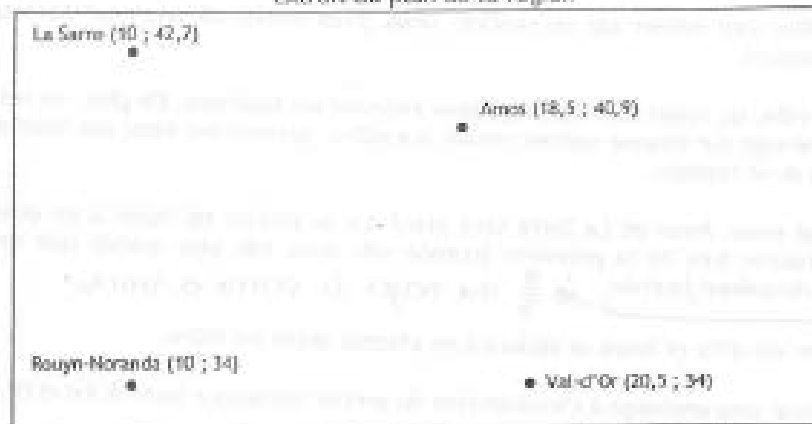
À la découverte de l'Abitibi • Mise en situation

À LA DÉCOUVERTE DE L'ABITIBI

L'Abitibi veut attirer des touristes en quête d'aventure et d'émotions fortes dans sa région. Des expéditions en traîneau à chiens seront donc ajoutées aux offres d'activités déjà existantes.

Les villes hôtes de ces différentes expéditions seront Amos, La Sarre, Rouyn-Noranda et Val-d'Or. Le plan ci-dessous permet de visualiser la position relative de chaque ville les unes par rapport aux autres.

Extrait du plan de la région



Échelle : 1 unité = 10 km

Afin de s'adapter à plusieurs types de clientèles, les expéditions proposées offriront différents trajets, de durée et de distance variables. Afin d'optimiser les coûts du projet, l'administrateur veut limiter le nombre d'expéditions, car celles-ci nécessitent de recourir à des employés pour y accompagner les touristes. Il choisit donc d'offrir deux expéditions distinctes : une première d'une durée de 6 jours et une deuxième d'une durée de 8 jours. Comme il désire aussi se préoccuper du bien-être des chiens, il veut que vous choisissiez les trajets qui minimisent la distance totale à parcourir.

Votre mission :

Compléter l'extrait du plan de la région de l'Abitibi de façon à illustrer les coordonnées des relais et la distance à parcourir, à vol d'oiseau, sur chaque sentier reliant les villes. Pour chacune des expéditions choisies, vous devez décrire le trajet, indiquer sa durée et la distance à parcourir.

Pour mener à bien votre mission, vous devez tenir compte des renseignements qui suivent :

- Les trajets devront partir d'Amos et y revenir. Chaque trajet devra être effectué dans le sens antihoraire.
- Toutes les villes sont reliées par un sentier. Deux jours seront alloués pour parcourir chacun des sentiers.
- Dans chaque ville, un relais sera aménagé pour recevoir les touristes. De plus, un relais sera aussi aménagé sur chaque sentier reliant les villes, permettant ainsi aux touristes et aux chiens de se reposer.

Change

- Le relais situé entre Amos et La Sarre sera placé sur le sentier de façon à ce que la distance parcourue lors de la première journée soit deux fois plus grande que celle parcourue la deuxième journée. → $\frac{2}{3}$ du trajet à partir d'Amos

- Le relais entre Val-d'Or et Amos se situera à mi-chemin entre les villes.
- Un relais central sera aménagé à l'intersection du sentier reliant La Sarre à Val-d'Or, et à celui reliant Rouyn-Noranda à Amos.

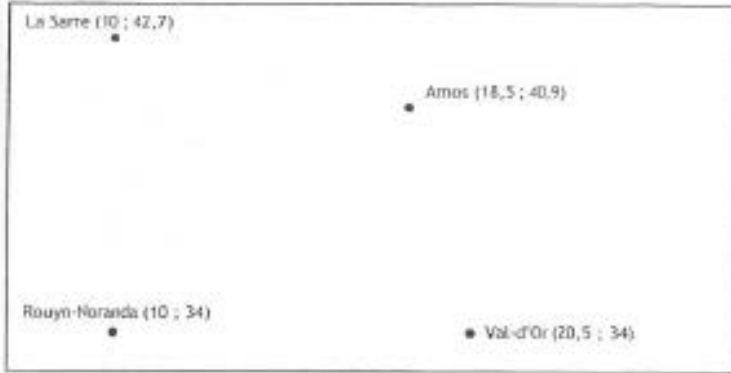
- La règle du sentier reliant La Sarre et Val d'Or est $y = -0,83x + 51$
- La règle du sentier reliant Amos et Rouyn-Noranda est $y = 0,81x + 25,9$

- Pour parer aux urgences, les relais des deux autres sentiers seront placés de manière à accéder au relais central en minimisant la distance à parcourir.

nom : _____

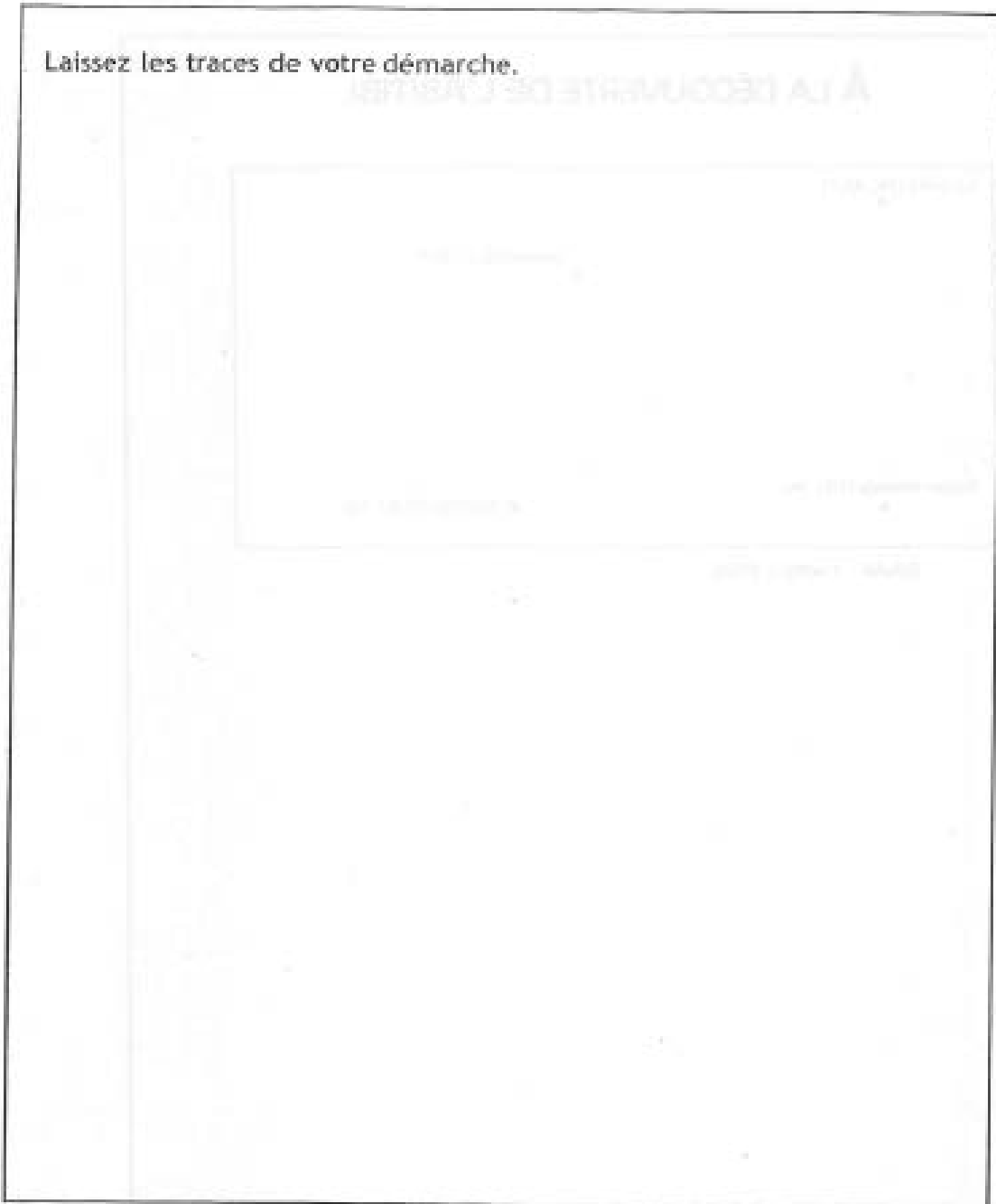
À la découverte de l'Abitibi • Cahier des traces

À LA DÉCOUVERTE DE L'ABITIBI



Échelle : 1 unité = 10 km

Laissez les traces de votre démarche.



ANNEXE 11 : Situation-problème (Enseignante #3 : deuxième observation)



RÉSOLVRE UNE SITUATION-PROBLÈME

MATHÉMATIQUE



Fouilles de sauvetage



Cahier de l'élève
Calculs-Solution

Nom de l'élève : _____

Groupe : _____

Enseignante / enseignant : _____



2^e année du secondaire cycle du secondaire



Mobilisation des savoirs mathématiques

Élaboration d'une solution



ZONE A

ZONE B



ZONE C

ZONE D



ZONE E

NOMBRE DE JOURS



Résumé de mes calculs

Zone	Longueur cordage	Aire
A		
B		
C		
D		
E		
Total		*
Nombre de jours en Europe		

Tu fais maintenant partie d'une équipe d'archéologues appelés à se déplacer au sud de l'Europe sur les lieux d'un site de construction où l'on aurait découvert des ruines appartenant aux Templiers. Ces derniers sont des chevaliers du 12^e siècle.

Ton patron te nomme responsable de la sécurité et il te demande **d'établir la durée du séjour de l'équipe**. Vous serez en tout **4 archéologues** à travailler sur le site. Habituellement, les zones de fouilles sont carrées. Toutefois, le terrain étant très irrégulier, il y aura **5 surfaces triangulaires** où les fouilles seront réalisées.

Il est très important de connaître **toutes les mesures des côtés** de ces zones. Pour la sécurité, il faut penser à **installer des cordes tout autour de chacune des zones** et il faut **déterminer la surface à fouiller**.

Ton patron te remet son calepin de notes afin que tu puisses avoir une idée du plan de la zone de fouilles. À toi de jouer !



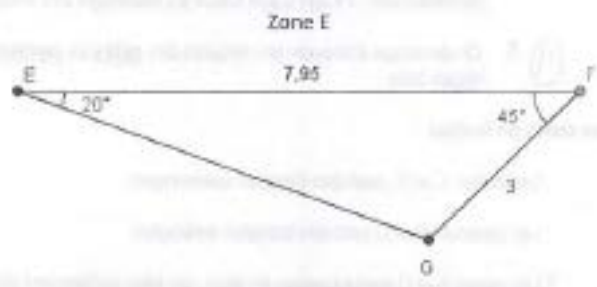
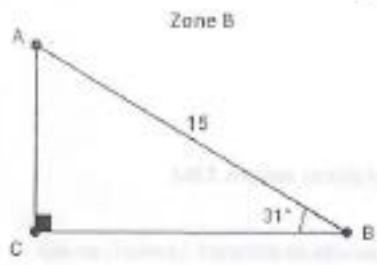
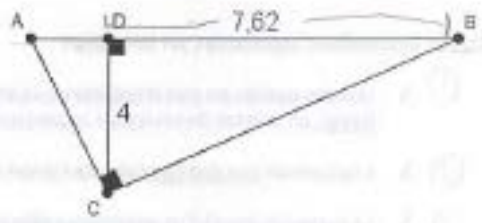
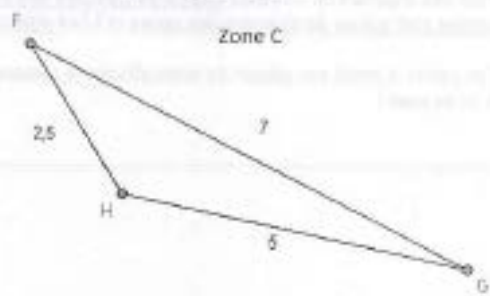
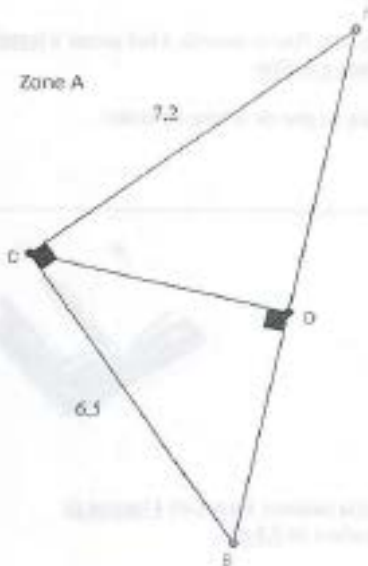
Voici des informations importantes sur ton équipe :

- ① Une des qualités les plus importantes d'un archéologue est la patience. En fait, en **4 heures de travail**, un membre de ton équipe ne peut couvrir qu'une surface de **0,5 m²**.
- ② Il faut prévoir **une demi-journée** pour placer le cordage de sécurité et installer le campement.
- ③ La journée de travail d'un archéologue **début**e à **6 h du matin** et **se termine à 15 h**. Il faut prévoir en tout **une heure pour les pauses et les repas à chaque jour**, car le site ne sera pas disponible éternellement. Il s'agit d'une fouille de sauvetage très importante!
- ④ On demande d'arrondir les mesures des **côtés au centième près** et les mesures d'**angles au degré près**.

Les zones de fouilles :

- Les zones C et E sont des triangles quelconques.
- Les zones A, B et D sont des triangles rectangles.
- Les zones A et D sont séparées en deux, car elles contiennent plus de vestiges. Il faut aussi prévoir une corde de sécurité pour la séparation.
- Toutes les zones, sauf la zone C, doivent avoir une corde de sécurité les entourant. La zone C est déjà entourée de pierres. La corde n'y est donc pas nécessaire.
- Toutes les mesures de ton patron sont en mètres et les angles, en degrés.

Voici les 5 zones de fouille (toutes les dimensions sont en mètres)



ANNEXE 12 : Savoirs rencontrés dans chacun des problèmes

	1	2	3	4	5	6
Algèbre	X	X	X	X	X	
Rechercher la règle d'une fonction polynomiale du premier degré	X	X				
Déterminer des valeurs ou des données à l'aide de la résolution d'équations du premier degré	X	X				
Résoudre un système d'équations du premier degré		X		X	X	
Rechercher la règle d'une fonction rationnelle ($y = k / x$)		X				
Déterminer des valeurs ou des données à l'aide de la résolution d'équations d'une fonction rationnelle		X				
Analyse d'une situation à l'aide d'une fonction en escalier			X	X		
Analyse d'une situation à l'aide d'une fonction définie par parties			X	X		
Statistiques				X		
Interpoler ou extrapoler des valeurs à l'aide de la droite de régression				X		
Géométrie	X	X	X	X		X
Rechercher les mesures manquantes de segment de solides provenant d'une similitude	X					
Rechercher des mesures manquantes en utilisant l'aire latérale ou l'aire totale	X	X				
Établir des relations entre les mesures de volume et de capacité	X					
Rechercher des mesures manquantes en utilisant le volume	X					
Rechercher des mesures manquantes dans un triangle rectangle à l'aide de la relation de Pythagore	X					
Rechercher des mesures manquantes à partir du volume de solides décomposables		X				
Rechercher des mesures manquantes dans un triangle rectangle à l'aide des relations métriques			X	X		X
Rechercher des mesures manquantes dans un triangle rectangle à l'aide des rapports trigonométriques						X
Rechercher des mesures manquantes dans un triangle quelconque à l'aide de la loi des sinus						X
Rechercher des mesures manquantes dans un triangle quelconque à l'aide de la formule de Héron						X
Calculer l'aire d'un triangle quelconque à partir de la mesure d'un angle et de deux côtés						X
Géométrie analytique			X	X	X	
Déterminer les coordonnées d'un point de partage (ou d'un point milieu)			X	X	X	
Calculer la distance entre deux points			X	X	X	
Déterminer l'équation d'une droite parallèle ou perpendiculaire à une autre			X			

ANNEXE 13 : Approbation éthique

UQAC

Comité d'éthique de la recherche
Université du Québec à Chicoutimi

APPROBATION ÉTHIQUE

Dans le cadre de l'Énoncé de politique des trois conseils : éthique de la recherche avec des êtres humains 2 (2014) et conformément au mandat qui lui a été confié par la résolution CAD-7163 du Conseil d'administration de l'Université du Québec à Chicoutimi, approuvant la *Politique d'éthique de la recherche avec des êtres humains* de l'UQAC, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Chicoutimi, à l'unanimité, délivre la présente approbation éthique puisque le projet de recherche mentionné ci-dessous rencontre les exigences en matière éthique et remplit les conditions d'approbation dudit Comité.

De plus, les membres jugent que ce projet rencontre les critères d'une recherche à risque minimal et, bien que le projet implique la participation de mineurs, le CER ne voit pas d'atteinte possible à l'intégrité physique, psychologique ou sociale des participants tel que stipulé à l'article 21 du Code civil du Québec.

Responsable(s) du projet de recherche :	<i>Monsieur Maxime Boivin, Étudiant Maîtrise en éducation, UQAC</i>
Direction de recherche :	<i>Madame Diane Gauthier, Professeure Département des sciences de l'éducation, UQAC</i>
Projet de recherche intitulé :	<i>L'accompagnement des enseignants en contexte de résolution de situations-problèmes mobilisant plusieurs savoirs mathématiques</i>
No référence du certificat :	<i>602.532.01</i>
Financement :	<i>N/A</i>


La présente est valide jusqu'au 31 octobre 2018.

Rapport de statut attendu pour le **30 septembre 2017 (rapport annuel)** et le **30 septembre 2018 (rapport final)**.

N.B. le rapport de statut est disponible à partir du lien suivant : <http://recherche.uqac.ca/rapport-de-statut/>

Date d'émission initiale de l'approbation : *13 octobre 2016*

Date(s) de renouvellement de l'approbation :



Nicole Bouchard,
Professeure et présidente