UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

LES LIENS ENTRE L'HABILETÉ À RECONNAÎTRE LE SCHÉMA DE PROBLÈMES, LA COMPRÉHENSION ET LE RENDEMENT EN RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ÉCRITS D'ARITHMÉTIQUE D'ÉLÈVES DE 3E ANNÉE

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en éducation

en vue de l'obtention du grade de maître ès arts

PAR

© JULIE BERGERON

septembre 2010

Composition du jury :

Monica Boudreau, présidente du jury, Université du Québec à Rimouski

Dominic Voyer, directeur de recherche, Université du Québec à Rimouski

Viktor Freiman, examinateur externe, Université de Moncton

Dépôt initial le 26 juillet 2010 Dépôt final le 17 septembre 2010

On ne vit pas pour rêver, car
c'est nos rêves qui nous font vivre.

- Julie Bergeron, 5^{e} secondaire

REMERCIEMENTS

La maîtrise est une aventure dans laquelle on plonge tête baissée et où les efforts ne sont pas comptés. Par contre, l'aboutissement de ce projet ne serait pas possible sans le soutien et l'aide de plusieurs personnes. C'est pourquoi je profite de cette tribune pour les remercier.

Un merci tout spécial va aux neuf enseignants et aux 188 élèves qui ont participé à l'expérimentation de ce projet de même qu'aux élèves qui ont contribué aux nombreuses pré-expérimentations. Ce projet de recherche n'aurait pu être possible sans votre précieuse collaboration.

Je désire ensuite remercier mon directeur de recherche, Dominic Voyer, pour m'avoir initiée au monde de la recherche et de l'enseignement universitaire. Il a su me conseiller et m'encourager tout au long de mon projet de recherche.

Je tiens également à remercier les membres du jury qui ont accepté de collaborer à ce mémoire à titre d'évaluateurs.

Un merci particulier à Julie Grondin, à Monica Boudreau et à Viktor Freiman pour avoir si gentiment répondu à mes questions et pour leurs conseils et leurs commentaires constructifs par rapport à mon projet de recherche.

Enfin, un grand merci à ma famille, à mes amis et à mon conjoint, qui ont pris le temps de m'écouter, de me donner des conseils et de m'encourager chaque fois que j'en ai eu besoin. Ces personnes m'ont énormément soutenue tout au long de cette aventure. Votre aide a été grandement appréciée. Je vous aime!

RÉSUMÉ

La littérature montre que beaucoup d'élèves ont de la difficulté en résolution de problèmes écrits de mathématique et qu'une bonne façon d'intervenir serait d'agir sur la compréhension de ces problèmes. Pour améliorer cette compréhension, certains auteurs proposent de développer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes mathématiques. En plus de favoriser la compréhension, il semble que cette habileté influencerait le rendement en résolution de problèmes écrits de mathématique. Toutefois, le nombre d'études qui se sont intéressées à l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes mathématiques est limité, et ce, particulièrement au primaire. Dans cette étude exploratoire, les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique chez des élèves de 3^e année sont étudiés. En évaluant l'interaction entre chacune de ces trois variables, ce projet a pour but d'apporter un regard nouveau et de nuancer les liens qui les unissent. Afin d'atteindre l'objectif de la recherche, un questionnaire en trois parties a été développé. Chacune des parties devait évaluer une des variables à l'étude. Le questionnaire a été soumis à 188 élèves de 3^e année du primaire (8-9 ans) provenant de quatre écoles situées dans la région de Chaudière-Appalaches. Les résultats ont permis d'observer des liens significatifs entre les trois variables. De plus, il semble que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes mathématiques se distinguerait de la compréhension de problèmes et qu'elle contribuerait au rendement en résolution de problèmes écrits de mathématique.

Mots clés : mathématique, schéma de problèmes, résolution de problèmes, compréhension, rendement, éducation primaire

ABSTRACT

The literature shows that many pupils have difficulty solving written mathematical problems and that a good way of addressing this is to act on their understanding of problems. To improve pupils' understanding of mathematical problems, some suggest developing their ability to recognize the schema of mathematical problems. In addition to supporting comprehension, it seems this ability also influences pupils' performance in solving written mathematical problems. However, the number of studies examining the ability to recognize the schema of mathematical problems is limited, specifically at the primary level of education. This exploratory study will examine relations between the ability to recognize the schema of mathematical problems, the understanding of problems and the performance in solving written mathematical problems in grade 3 students. In assessing interactions between each of these three variables, this project aims to shed new light on and qualify the relations between them. In order to achieve this, a three-part questionnaire was developed. Each part was designed to evaluate one of the variables under study. The questionnaire was submitted to 188 grade 3 students (ages 8-9) from four schools in the Chaudiere-Appalaches region. The results showed significant relations between the three variables. Moreover, it seems that the ability to recognize the schema of mathematical problems can be distinguished from problem comprehension and that it also contributes to improving pupils' performance in solving mathematical problems.

Keywords: mathematics, schema of mathematical problems, problem solving, comprehension, performance, primary education

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ANCOVA	Analyse de covariance
ANOVA	Analyse de variance
BIM	Banque d'instruments de mesure
GRICS	Gestion du réseau informatique des commissions scolaires
MERGA	Mathematics Educational Research Group of Australasia
NCSM	National Council of Supervisors of Mathematics
NCTM	National Council of Teachers of Mathematics
PIRS	Programme d'indicateurs du rendement scolaire
PISA	Programme international pour le suivi des acquis des élèves
PPCE	Programme pancanadien d'évaluation
RPÉA	Résolution de problèmes écrits d'arithmétique
RPÉM	Résolution de problèmes écrits de mathématique
SBI	Schema-based instruction
Sig.	Significatif
TIEMS	Tendances de l'enquête internationale sur la mathématique et les sciences

CHAPITRE I
INTRODUCTION GÉNÉRALE

La résolution de problèmes mathématiques est présente dans les curriculums scolaires depuis fort longtemps, et ce, dans plusieurs pays. Cela fait maintenant près de 30 ans au Québec, soit depuis la réforme de 1980, que la résolution de problèmes mathématiques se voit clairement attribuer un double rôle : celui d'objet d'apprentissage et celui d'approche pédagogique. La résolution de problèmes est donc considérée comme un moyen privilégié pour acquérir de nouvelles habiletés et de nouvelles connaissances. D'ailleurs, c'est dans cette perspective que le Programme de formation de l'école québécoise (2001) en a fait une compétence transversale pour l'ensemble des curriculums.

Dans ce contexte, il n'est pas surprenant de voir se multiplier les études portant sur le processus de résolution de problèmes mathématiques pour comprendre, d'une part, les besoins des élèves par rapport à cette activité (Clements, 1980; Newman, 1977; Watson, 1980) et, d'autre part, pour intervenir avec pertinence en mathématique (Benko *et al.*, 1999; Bryant *et al.*, 2008; Ellis *et al.*, 2007; Roti, Trahey et Zerafa, 2000). L'une de ces interventions serait d'améliorer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes mathématiques. Mais est-ce que cette habileté pourrait réellement favoriser le rendement en résolution de problèmes mathématiques ?

Des chercheurs se sont intéressés à l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes mathématiques dans le but de déterminer si cette habileté était liée à la compréhension (Lucangeli, Tressoldi et Cendron, 1998; Swanson, Cooney et Brock, 1993) et si cette habileté pouvait également améliorer le rendement en résolution de problèmes écrits de mathématique (Gliner, 1989; Hinsley, Hayes et Simon, 1977; Lucangeli *et al.*, 1998; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993). Par contre, peu de ces études ont été menées au primaire. C'est pourquoi la présente recherche s'intéressera aux liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en résolution de problèmes écrits de mathématique, plus précisément dans une branche des mathématiques : l'arithmétique. Cette fois-ci ces liens seront évalués avec de jeunes élèves, soit des élèves de 3e année du primaire.

Le présent mémoire sera divisé en sept chapitres : l'introduction générale, la problématique, le cadre conceptuel, la méthodologie, les résultats, l'interprétation des résultats et la conclusion générale. Le premier chapitre a eu pour objectif de présenter l'idée principale de la recherche de même que la structure du mémoire. Le deuxième chapitre se concentrera sur la présentation de la problématique entourant la résolution de problèmes mathématiques à l'école afin de mieux préciser l'objectif principal de cette étude ainsi que les questions de recherche. Le cadre conceptuel quant à lui permettra de définir la résolution de problèmes mathématiques à l'école et de dresser un portrait des autres variables à l'étude, soit la compréhension de problèmes mathématiques ainsi que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes mathématiques. Ce chapitre se terminera par un bref retour sur l'objectif de l'étude et sur les questions de recherche. Le chapitre sur la méthodologie présentera un questionnaire ainsi que le déroulement de la cueillette des données. Le chapitre sur les résultats débutera par la présentation des analyses préliminaires effectuées dans le but de faire ressortir la valeur psychométrique de l'instrument de mesure développé. Ce chapitre précisera ensuite les résultats obtenus aux différentes analyses visant à répondre aux questions de recherche formulées. Il sera suivi du chapitre consacré à l'interprétation des résultats. Ce dernier aura pour objectif de comparer les résultats de l'étude avec d'autres recherches du même domaine afin de mieux faire ressortir la contribution de cette étude à l'avancement des connaissances en didactique des mathématiques. Finalement, ce mémoire se terminera par une conclusion générale qui mettra en évidence la portée de l'étude. Ce chapitre fera également état des limites de l'étude et proposera de nouvelles pistes de recherches.

CHAPITRE 2
PROBLÉMATIQUE

La première partie du chapitre de la problématique positionnera l'activité de résolution de problèmes écrits de mathématique (RPÉM) dans le milieu scolaire et mettra en lumière les difficultés qui y sont reliées. Ceci mènera à la présentation d'un moyen d'intervention novateur pour améliorer le rendement en RPÉM : l'utilisation du schéma de problèmes mathématiques[1]. Enfin, le chapitre se terminera avec l'objectif principal de l'étude ainsi que les questions de recherche en lien avec les variables à l'étude, soit l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension de problèmes mathématiques[2] et le rendement en RPÉM, ou plus précisément en résolution de problèmes écrits d'arithmétique (RPÉA) d'élèves de 3^{e} année.

2.1 La place accordée à l'activité de résolution de problèmes écrits de mathématique (RPÉM) dans le milieu scolaire

La RPÉM est une activité qui tient une place importante dans le développement des habiletés mathématiques. Par exemple, aux États-Unis, la RPÉM est très présente dans le curriculum de mathématique. Il en va de même pour certains pays d'Europe. De plus, plusieurs organismes internationaux, tels que le *Mathematics Educational Research Group of Australasia* (MERGA) et le *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM), témoignent un grand intérêt pour la recherche sur la RPÉM au niveau scolaire. Dès le début

[1] Dans le but d'alléger le texte, c'est l'expression « schéma de problèmes » qui sera dorénavant utilisée pour référer au concept de schéma de problèmes mathématiques.

[2] De la même façon, c'est l'expression « compréhension de problèmes » qui sera utilisée pour référer au concept de compréhension de problèmes mathématiques.

des années 80, le NCTM a d'ailleurs souligné l'importance qu'on devait accorder à la RPÉM dans le curriculum de mathématique (NCTM, 1980), constat qui a été renouvelé par le groupe en 1989 (NCTM, 1989) et en 2000 (NCTM, 2000). En effet, dans son ouvrage publié en 2000, *Principles and Standards for School Mathematics*, le NCTM met l'accent sur le double rôle de la RPÉM :

> Résoudre des problèmes n'est pas seulement un objectif dans l'apprentissage des mathématiques, mais aussi l'un des principaux moyens d'y parvenir. [...] En apprenant la résolution de problèmes mathématiques, les élèves doivent également développer différentes façons de réfléchir, gagner en persévérance et en curiosité ainsi que prendre de l'assurance dans des situations moins familières [...][3] (NCTM, 2000 : 52).

En 1977, aux États-Unis, le *National Council of Supervisors of Mathematics* (NCSM) a décrété que la RPÉM était l'une des principales habiletés de base à développer en mathématique à l'école. Plus près de nous, le Québec a mis un accent sur la résolution de problème dans sa réforme de 1980 en mathématique. Ce fut l'occasion pour le ministère québécois de l'Éducation de concrétiser son importance par la conception d'un document pédagogique, nommé Fascicule K (1988), qui avait comme objectif de « clarifier certains aspects de la résolution de problèmes [et de] préciser, au moyen d'un certain nombre de recommandations, une orientation générale à donner à cette tendance. » (Ministère de l'Éducation, 1988 : 1). On y faisait alors clairement la distinction entre « exercice » et « véritable résolution de problème ». Cette idée de véritable problème est encore présente aujourd'hui dans le Programme de formation de l'école québécoise (2001) à travers la « situation problème » qui est vue comme : « la pierre angulaire sur laquelle l'enseignante ou l'enseignant va définir ses relations didactiques avec ses élèves » (Pallascio, 2005 : 32). Cette dernière est présentée au début de la séquence d'apprentissage. Elle sert à introduire de nouvelles connaissances et est liée à des situations de la vie courante. Si cette activité de

---

[3] Solving problems is not only a goal of learning mathematics but also a major means of doing so. [...] By learning problem solving in mathematics, students should acquire ways of thinking, habits of persistence and curiosity, and confidence in unfamiliar situations [...] (NCTM, 2000 : 52).

RPÉM tient une place importante dans de nombreux curriculums scolaires partout dans le monde, c'est notamment parce qu'elle permet de développer diverses habiletés qui transcendent le domaine des mathématiques. Il n'est donc pas étonnant que plusieurs acteurs du milieu de l'éducation souhaitent que les élèves réussissent dans des activités de RPÉM.

2.2 Les difficultés des élèves en résolution de problèmes écrits de mathématique (RPÉM)

La pertinence de l'activité de RPÉM dans les curriculums scolaires n'est plus à prouver. D'ailleurs, les enseignants présentent la RPÉM à la fois comme une habileté à développer et comme un moyen pour en acquérir d'autres. Pourtant, malgré les efforts déployés par les enseignants pour développer cette habileté (ou cette compétence, selon le point de vue adopté) dans les programmes d'étude, ainsi que les nombreuses recherches portant sur la RPÉM, cette activité génère encore aujourd'hui de nombreux questionnements et de nombreuses difficultés pour les enseignants et leurs élèves. Par exemple, plusieurs recherches ont montré que les élèves sont souvent étonnamment faibles sur le plan de la RPÉM (De Corte et Verschaffel, 1996). De plus, des études, comme celle de Lester (1994), portant sur le Programme d'indicateurs du rendement scolaire (PIRS) de 2001 (devenu le Programme pancanadien d'évaluation depuis 2007, ou PPCE) et sur le Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA) de 2003 et 2006, ont souligné le fait que le rendement en RPÉM varie peu en fonction des interventions scolaires visant son amélioration. D'autres recherches ont même constaté une diminution du rendement des élèves en RPÉM, malgré les efforts mis de l'avant pour l'améliorer. Dans le même ordre d'idées, le ministère de l'Éducation a rendu public en 2004 le document Tendances de l'enquête internationale sur la mathématique et les sciences (TIEMS), dans lequel on note une baisse des résultats des élèves québécois par rapport aux résultats de l'étude précédente, soit celle de 1999 (TIEMS, 1999, 2004).

À la lumière de ces résultats, il semble que le rendement en RPÉM des élèves ne s'améliore pas, et ce, depuis de nombreuses années. Il est donc possible de s'interroger sur la façon d'enseigner la RPÉM, sujet sur lequel se penche la prochaine section.

2.3 Les interventions en résolution de problèmes écrits de mathématique (RPÉM)

Des études comme celle de Lester (1994) ont montré que malgré certains programmes implantés pour améliorer le rendement des élèves en RPÉM, ces derniers éprouvent toujours des difficultés dans la réussite de ce type d'activité. On peut donc se questionner, comme le font plusieurs enseignants, à savoir si l'on peut réellement aider les élèves à devenir compétents en RPÉM. La réponse est loin d'être évidente ; spontanément, on ne sait pas comment aider quelqu'un à comprendre un problème ; au mieux, on sait comment lui suggérer plus ou moins habilement la solution (Julo, 1995). Alors, comment intervenir sans tomber dans le piège des indices qui simplifieraient le problème et qui lui enlèveraient une part, sinon la totalité, de sa richesse ?

Pour ce faire, de nombreux auteurs se sont penchés sur les étapes du processus de la RPÉM (Hegarty, Mayer et Monk, 1995; Mayer, Larkin et Kadane, 1984; Riley et Greeno, 1988). D'ailleurs, selon Schoenfeld (1992), plusieurs de ces chercheurs ont su développer des représentations assez précises de ces structures mathématiques. Or, les principales difficultés resteraient dans l'implantation de stratégies en lien avec ces structures (Schoenfeld, 1992). Néanmoins, différents chercheurs ont tenté d'observer les étapes du processus de la RPÉM où les élèves éprouvaient davantage de difficulté, et ce, en fonction de leur âge et de leurs caractéristiques personnelles (Casey, 1978; Clements, 1980; Newman, 1977; Watson, 1980). De plus, ce type de recherches a permis d'établir différentes interventions possibles pour certaines des étapes de ce processus (Benko *et al.*, 1999; Bryant *et al.*, 2008; Ellis *et al.*, 2007; Roti *et al.*, 2000). L'une de ces interventions, qui n'appauvrirait pas le problème et qui aiderait par le fait même les élèves à devenir plus habiles en RPÉM, serait de travailler au niveau de la compréhension de problèmes, c'est-à-dire sur la représentation du problème mathématique. Ainsi, un travail plus pointu au niveau de la compréhension pourrait aider les élèves à devenir plus habiles en RPÉM, comme l'affirme entre autres Voyer (2001).

Par ailleurs, une façon d'intervenir sur la compréhension de problèmes serait de développer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes. Cette habileté repose sur la construction d'une représentation basée sur les connaissances de la personne qui lui permet de reconnaître un problème qu'elle a déjà résolu (Richard, 1998). Par la suite, elle peut utiliser une même démarche de résolution afin de solutionner des problèmes mathématiques similaires. De cette manière, le développement de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pourrait-il aider l'élève dans sa compréhension du problème et dans sa construction du processus de résolution ? Cette question est pour le moment sans réponse puisqu'un nombre très limité de chercheurs se sont intéressés aux liens entre la compréhension de problèmes et l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes.

En réalité, les recherches concernant les schémas de problèmes sont peu nombreuses, et ce, particulièrement au primaire. Néanmoins, certaines études signalent que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes favoriserait le rendement en RPÉM (Quilici et Mayer, 1996, 2002; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993). Ainsi, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes permettrait-elle de favoriser le rendement en RPÉM et plus particulièrement celui d'élèves du primaire ? C'est à ces questions que la présente étude tentera de répondre. Pour ce faire, cette recherche s'appuiera sur des études concernant les schémas de problèmes. C'est d'ailleurs ce qui sera présenté dans la prochaine section.

2.4 Les études concernant les schémas de problèmes

Les schémas de problèmes ont été étudiés sous différents angles. Les prochains paragraphes résumeront certaines recherches effectuées sur les schémas de problèmes afin de présenter l'état des connaissances sur le sujet.

Diverses recherches ont rapporté que les élèves qui associent correctement les problèmes mathématiques qui ont le même schéma sont également habiles en RPÉM (Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Lucangeli *et al.*, 1998; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993), mais peu d'entre elles ont été réalisées au primaire. D'autres études se sont plutôt intéressées aux schémas de problèmes en tant que moyen d'intervention en RPÉM auprès d'élèves du primaire ayant des difficultés d'apprentissage ou à risque d'en avoir (Fuchs *et al.*, 2004; Jitendra *et al.*, 1998). Par contre, en plus de la reconnaissance du schéma de problèmes, ces études utilisaient également d'autres méthodes d'enseignement. Ainsi, on ne peut conclure que l'amélioration en RPÉM des participants soit uniquement liée au développement de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes.

Parallèlement, bien que peu d'études ont évalué les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes, certaines dont celle de Lucangeli et ses collaborateurs (1998) ont montré que la compréhension de problèmes et l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes étaient corrélées positivement. Néanmoins, les résultats sont difficilement généralisables à un niveau scolaire en particulier puisque ces analyses ont été effectuées avec plusieurs niveaux scolaires.

La plupart des recherches qui ont étudié les schémas de problèmes l'ont fait dans une branche spécifique des mathématiques, soit l'arithmétique (Fuchs *et al.*, 2003; Fuchs *et al.*, 2004; Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Jitendra *et al.*, 1998; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993). Au primaire, les problèmes d'arithmétique consistent à effectuer une ou plusieurs opérations mathématiques (addition, soustraction, multiplication, division) sur des données du problème afin d'obtenir une solution. La présente étude s'intéresse plus particulièrement au rendement en résolution de problèmes écrits du domaine de l'arithmétique dans le but de comparer les résultats obtenus avec ceux présents dans la littérature.

À la lumière de ce qui a été présenté jusqu'ici, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes apparaît comme une intervention novatrice qui pourrait être utilisée pour améliorer le rendement en RPÉM des élèves du primaire. Cependant, cela reste un moyen très peu étudié dans la littérature. C'est pourquoi cette habileté constitue l'objet principal de cette recherche.

2.5 Objectif principal et questions de recherche de l'étude

La section précédente présentait des études sur l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes en lien avec la compréhension de problèmes et le rendement RPÉM, plus précisément RPÉA. Toutefois, la littérature concernant les liens qui unissent ces différentes variables est limitée. Il faut donc déterminer si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes interagit avec la compréhension de problèmes, ce qui pourrait éventuellement améliorer le rendement en RPÉA des élèves. De plus, il est également important d'évaluer comment l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes contribue au rendement en RPÉA. En conséquence, l'objectif principal de la présente étude est d'évaluer les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en RPÉA. Cette recherche tentera, d'une part, de vérifier si des liens existent entre les variables et, d'autre part, d'évaluer l'ampleur de ceux-ci. Ainsi, l'objectif de cette étude amène à la question de recherche principale suivante :

Quels sont les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique d'élèves de 3^{e} année ?

Les questions spécifiques de l'étude permettront de répondre avec précision à la question principale de l'étude :

1. Y a-t-il une corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes écrits d'arithmétique ?

2. Quelle est la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ?

3. Est-ce que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes est un prédicteur du rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ?

Toutefois, avant de répondre aux questions spécifiques de l'étude, il est pertinent de répondre à une question préliminaire afin de comparer les résultats obtenus dans cette recherche à ce qui a déjà été établi dans la littérature :

Quelle est la corrélation entre la compréhension et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ?

CHAPITRE 3
CADRE CONCEPTUEL

Ce chapitre aura entre autres pour objectif de définir et de préciser les différents concepts à l'étude. Tout d'abord, il est nécessaire de mentionner que même si la présente étude s'intéresse plus particulièrement à une branche des mathématiques (l'arithmétique), il est nécessaire de présenter ces concepts dans un cadre plus large, c'est-à-dire dans le domaine des mathématiques. Ainsi, dans un premier temps, le concept de résolution de problèmes mathématiques sera défini. Puis, sera présentée une façon novatrice d'intervenir sur le rendement en RPÉM dans le but de faire également ressortir les autres concepts à l'étude. C'est à ce moment que les concepts de compréhension de problèmes et de schéma de problèmes, de même que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, seront définis. L'habileté à reconnaître le schéma de problèmes sera ensuite mise en relation avec la compréhension de problèmes ainsi qu'avec le rendement en RPÉM. Le tout se terminera avec un bref rappel de l'objectif et des questions de la recherche.

3.1 LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES MATHÉMATIQUES

Cette section aura pour objectif de positionner la résolution de problèmes mathématiques à l'école. Dans un premier temps, il sera nécessaire de préciser ce qu'on entend par les notions de problème et de problème écrit. Une fois cette précision effectuée, la présente section expliquera en quoi consiste l'activité de RPÉM, entre autres à l'aide de modèles de résolution de problèmes mathématiques.

3.1.1 Définition de la notion de problème mathématique

La notion de problème fait en général consensus chez les chercheurs qui se sont attardés à établir sa définition (Hayes, 1981; Poirier, 2001; Tardif, 1992). De ce fait, la communauté scientifique considère que la définition de ce qu'est un problème comprend deux éléments importants. Pour qu'il y ait un problème, l'individu qui tente de le résoudre ne doit pas connaître la procédure pour obtenir la solution. Il y a donc un écart entre l'endroit où il se trouve et l'endroit où il désire être, et ignore comment combler cet écart (Hayes, 1981). Ainsi, un problème existe lorsqu'un individu tente d'atteindre un but dans une activité et qu'il ne connaît pas d'emblée la solution pour y parvenir (Tardif, 1992). Le deuxième élément est la possibilité pour l'individu d'agir sur son problème. Un problème n'est pas un problème s'il ne peut intervenir sur celui-ci. Par exemple, la résolution d'un problème d'algèbre linéaire n'est pas un problème pour un enfant de quatre ans, car il ne peut intervenir sur ce dernier. Poirier (2001) utilise l'expression « défi raisonnable » pour faire ressortir l'accessibilité du problème, c'est-à-dire que le problème doit représenter un défi ni trop simple ni trop complexe pour l'individu qui tente de le résoudre. Ainsi, ce qui est un problème pour une personne peut ne pas l'être pour une autre.

Prenons le problème suivant : « *Marie a trois billes, Jean en a deux fois plus qu'elle. Combien Jean a-t-il de billes ?* ». En général, la situation suivante n'est pas un problème pour un adulte, car ce dernier peut obtenir presque automatiquement la réponse. Il n'y a pas d'écart entre la situation présentée et la réponse à cette dernière. De la même façon, cette situation n'est pas un problème pour un enfant de quatre ans puisqu'il ne peut pas agir sur celle-ci. Une situation est problématique lorsque la personne peut s'investir dans une démarche de résolution, même si la réponse obtenue ne sera peut-être pas la bonne. Afin de mieux illustrer ce que peut être un problème, voici un exemple qui représente généralement un problème pour un adulte : « *On engage deux peintres pour peindre une pièce. Le premier peint une pièce en 2 heures et le second peint une pièce en 3 heures. Combien de temps leur faudra-t-il s'ils peignent la pièce ensemble ?* » (Voyer, 2006 : 7). Habituellement, on peut considérer que ce problème en est véritablement un pour un adulte, car malgré que la démarche de résolution n'apparaisse pas d'emblée, un adulte est en mesure de travailler sur ce problème et de tenter une démarche qui le mènera à une solution, bonne ou mauvaise. Par ailleurs, pour que le problème soit considéré comme un problème mathématique, il doit comprendre des notions mathématiques, quelles soient d'ordre arithmétique, géométrique ou algébriques (Mayer, 2002).

En somme, pour être considéré comme un problème mathématique, ce dernier doit respecter certains critères. Il doit contenir des éléments reliés aux mathématiques et être adapté à la personne qui tente de le résoudre. Les problèmes mathématiques peuvent être présentés de façon orale ou de façon écrite. Dans cette étude, ce sont les problèmes écrits qui seront mis de l'avant.

3.1.1.1 Le problème écrit en mathématique

Il y a une dizaine d'années, Verschaffel, Greer et De Corte (2000) ont défini un problème écrit (*word problem*) comme :

> [...] la description à l'aide de mots d'une situation problématique où une ou plusieurs questions sont posées de manière à ce que la solution requiert une application d'opérations mathématiques à partir de données fournies dans l'énoncé du problème[4] (Verschafell *et al.*, 2000 : ix).

En d'autres mots, il s'agit d'un énoncé qui fait état d'un problème par écrit et qui demande, par le biais de questions, de résoudre la situation décrite à l'aide d'opérations mathématiques. Ainsi, dans le problème suivant : « *Marie a trois billes, Jean en a deux fois*

[4] [...] as verbal descriptions of problem situations wherein one or more questions are raised the answer to which can be obtained by the application of mathematical operations to numerical data available in the problem statement (Verschafell *et al.*, 2000 : ix).

plus qu'elle. Combien Jean a-t-il de billes ? », l'énoncé écrit est formé de deux phrases qui illustrent le problème. L'état du problème concerne une quantité de billes et la question implique la recherche de la quantité de billes que Jean possède. Enfin, l'opération mathématique à utiliser pour obtenir la solution est une multiplication (3 X 2 = 6 billes).

3.1.2 L'activité de résolution de problèmes mathématiques

Pour reprendre les termes de Legendre (2005 : 183), la résolution de problèmes est une « démarche méthodique, volontaire et orientée en vue de trouver une réponse à une question préoccupante, de déterminer une façon de parvenir à un résultat satisfaisant [...] ». Il s'agit donc d'une démarche que l'on entreprend pour résoudre un problème. En mathématique, une définition classique de la résolution de problèmes est celle de Pólya, qui fut établie en 1945 et réédité, entre autres en 1981 : « résoudre un problème signifie trouver une solution à une difficulté, un moyen de contourner un obstacle, atteindre un but qui n'est pas immédiatement réalisable (*solving a problem means finding a way out of a difficulty, a way around an obstacle, attaining an aim which was not immediately attainable*) » (Pólya, 1981 : ix). D'une façon un peu plus précise, on peut illustrer la résolution de problèmes mathématiques à l'aide de modèles qui ont été développés dans la littérature et qui morcellent le processus de résolution de problèmes en plusieurs étapes. C'est ce qui sera présenté dans la section suivante.

3.1.2.1 Les modèles de résolution de problèmes mathématiques

Un modèle de résolution de problèmes mathématiques représente un processus en plusieurs étapes qui permet de modéliser l'activité de l'élève autour d'une résolution d'un problème et qui guide, ultimement, les interventions pédagogiques de l'enseignant afin d'aider l'élève dans l'apprentissage de la résolution de problèmes mathématiques. Dans la littérature, un nombre considérable de modèles de résolution de problèmes mathématiques ont été développés. Par exemple, dans le Programme de formation de l'école québécoise (2001), le modèle de résolution se divise en cinq composantes : décoder les éléments de la situation-problème, modéliser la situation-problème, appliquer différentes stratégies en vue d'élaborer une solution, valider la solution et partager l'information relative à la solution. Cette démarche s'inspire du modèle en quatre étapes de Pólya (1989). Les quatre étapes du modèle de Pólya (1989) sont : comprendre le problème, concevoir un plan, mettre le plan à exécution et examiner la solution obtenue. Il est très important de mentionner que ces étapes ne sont pas linéaires, mais bien toujours en interaction. Ainsi, un élève qui résout un problème mathématique peut revenir en arrière pour, par exemple, relire le problème afin d'améliorer sa compréhension de la situation ou encore vérifier s'il a utilisé une bonne stratégie pour obtenir la réponse. Les travaux de Pólya (1989) ont été précurseurs dans l'enseignement de la résolution de problèmes mathématiques. D'ailleurs, c'est pourquoi aujourd'hui on reconnaît son modèle comme étant la base de plusieurs modèles de résolution de problèmes.

Or, d'autres chercheurs se sont également penchés à déterminer les étapes du processus de résolution de problèmes mathématiques. Leurs réflexions ont conduit à l'élaboration de différents modèles de résolution de problèmes. Voici trois exemples de modèles qui furent développés.

Quelques auteurs ont combiné certaines des quatre étapes du modèle de résolution de problèmes de Pólya (1989) pour en obtenir deux plus générales. Ainsi, Riley et Greeno (1988) et Riley, Greeno et Heller (1983) soutiennent qu'il y a deux composantes principales pour résoudre un problème : une représentation cognitive de l'information tirée du texte, soit l'équivalent de l'étape de la compréhension du problème du modèle de Pólya (1989), et une composante qui comprend les procédures et les stratégies nécessaires pour atteindre la solution, soit l'équivalent des étapes de planification et d'obtention de la réponse du modèle de Pólya (1989).

D'autres auteurs ont préféré diviser la compréhension en deux parties distinctes. C'est entre autres de cette façon qu'est construit le modèle en quatre étapes de Mayer, Larkin et Kadane (1984). Ces quatre étapes sont : la transformation, la compréhension, le plan et l'exécution. Ce modèle a également été réédité par Mayer (2002). La première étape de ce modèle est la transformation au point de vue linguistique et factuelle de chacune des phrases. Prenons le problème suivant:

> Un astronaute a besoin de 2,2 livres d'oxygène par jour lorsqu'il est dans l'espace. Combien de livres d'oxygène sont nécessaires pour une équipe de 3 astronautes pour 5 jours dans l'espace ?[5] (Mayer *et al.*, 1984 : 232)

Par exemple, dans ce problème, le solutionneur doit entre autres savoir qu'« astronaute » est un nom et qu'il réfère à une personne (Mayer *et al.*, 1984). La deuxième étape du modèle de Mayer et ses collaborateurs (1984) se nomme compréhension et implique au solutionneur de faire des liens entre les différentes variables du problème. Ainsi, dans le problème présenté ci-haut, il s'agirait de mettre en relation la quantité d'oxygène nécessaire pour un astronaute, pour trois astronautes et pour cinq jours dans le but de créer une équation qui permettrait de trouver la solution. Il s'agit d'une compréhension plus mathématique du problème. Le modèle de Pólya (1989) quant à lui comprend, dans la deuxième étape de son modèle, l'équivalent des étapes de transformation et de compréhension du modèle de Mayer et ses collaborateurs (1984).

Le modèle de Hegarty, Mayer et Monk (1995), pour sa part, a été créé dans le but d'expliquer les différences entre les processus de compréhension des bons solutionneurs et ceux des moins bons solutionneurs de problèmes mathématiques. Ce modèle comprend trois étapes : la construction d'une base de texte, la construction d'une représentation mathématique spécifique et la construction d'un plan de solution. Ce modèle est encore une fois près de celui de Pólya (1989), car la construction d'une base de texte et la

---

[5] An astronaut requires 2.2 pounds of oxygen per day while in space. How many pounds of oxygen are needed for a team of 3 astronauts for 5 days in space? (Mayer *et al.*, 1984 : 232)

représentation mathématique sont équivalentes à l'étape de la compréhension de Pólya (1989) et la troisième étape est similaire au développement et à l'exécution d'un plan de solution présents dans le modèle de Pólya (1989).

En résumé, bien que les modèles de résolution de problèmes mathématiques peuvent se diviser en une multitude d'étapes ou bien en seulement deux étapes, la base reste sensiblement la même, c'est-à-dire celle développée par Pólya (1989).

Ces modèles ont su représenter avec précision les structures mathématiques utilisées dans la résolution de problèmes (Schoenfeld, 1992). Dans son ouvrage, *Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics*, Schoenfeld (1992 : 364) indique que: « la plupart des travaux théoriques concernant les stratégies en résolution de problèmes sont déjà effectués; les problèmes persistent davantage au point de vue de leur pratique et de leur mise en œuvre (*much of the theoretical work with regard to problem-solving strategies has already been done; the remaining issues are more on the practical and implementational levels*) ». Ainsi, des chercheurs ont tenté d'intervenir sur chacune des étapes du modèle de résolution de problèmes afin d'améliorer le rendement des élèves en RPÉM (Benko *et al.*, 1999; Bryant *et al.*, 2008; Ellis *et al.*, 2007; Roti *et al.*, 2000). Par ailleurs, les auteurs s'entendent pour dire que la compréhension est l'élément le plus important pour la résolution d'un problème mathématique (Newman, 1977; Vilenius-Tuohimaa, Aunola et Nurmi, 2008). Ainsi, favoriser la compréhension de problèmes est un moyen d'intervention reconnu comme efficace pour améliorer le rendement en RPÉM.

3.2 INTERVENTIONS SUR LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ÉCRITS DE MATHÉMATIQUE (RPÉM)

Tel qu'il le fut mentionné dans la problématique, plusieurs élèves ont de la difficulté en RPÉM, et ce, malgré les nombreuses interventions implantées. Il est donc nécessaire de se demander comment il est possible d'aider un élève à devenir meilleur en RPÉM. Il existe plusieurs façons d'intervenir sur le rendement en RPÉM. Dans la littérature, certains chercheurs proposent d'agir sur la compréhension de problèmes parce que cette intervention permettrait de conserver la richesse du problème mathématique et d'ainsi éviter à l'enseignant d'avoir à le simplifier pour que l'élève soit en mesure de le résoudre (Julo, 1995). Or, une des façons d'intervenir sur la compréhension de problèmes serait de favoriser l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes. En effet, selon Christou et Philipou (1999) :

> [...] le schéma constitue un véhicule pour la compréhension des relations sémantiques situées à l'intérieur de l'énoncé de problèmes, de sa structure mathématique et sert de cadre général d'actions dans une situation donnée[6] (Christou et Philipou, 1999 : 70).

Ainsi, la reconnaissance du schéma d'un problème favoriserait la compréhension de ce dernier. Les liens entre ces deux éléments ont cependant été peu explorés dans la littérature. Par contre, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes a déjà été étudiée dans le but d'évaluer si elle était liée au rendement en RPÉM, mais sans prendre en considération la compréhension de problèmes (Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Silver, 1979). Parmi ces études, peu ont été réalisées au primaire.

En somme, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes serait liée à la compréhension de problèmes et au rendement en RPÉM. Cela étant dit, il importe de se demander si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes améliorerait le rendement en RPÉM de deux façons distinctes : en favorisant la compréhension de problèmes et en favorisant directement le rendement en RPÉM. Ainsi, il apparaît essentiel d'étudier les liens entre ces différentes variables afin de mieux saisir le rôle de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes dans la RPÉM. Toutefois, avant d'approfondir le sujet, il est

[6] [...] the schema constitutes a vehicle for the comprehension of the semantic relations underlying a given text and its mathematical structure, and it serves as a generalised frame for action in a given situation (Christou et Philipou, 1999 : 70).

primordial d'établir la définition des concepts de compréhension, de schémas et d'habileté tels qu'ils seront utilisés pour le reste du travail.

3.3 La compréhension de problèmes

Tel qu'il le fut mentionné dans les sections précédentes, la compréhension de problèmes est un élément essentiel pour la RPÉM. La présente section aura donc pour objectif de préciser le concept de compréhension à l'intérieur du cadre de la RPÉM. Pour ce faire, la définition du concept de compréhension, un modèle de compréhension et la place de la compréhension dans le rendement en RPÉM seront présentés.

3.3.1 Le concept de compréhension

Le concept de compréhension peut être perçu de différentes façons. Dans la présente étude, à l'instar des travaux de nombreux chercheurs, la compréhension est vue comme un processus. On peut définir la compréhension comme la construction d'une série de représentations mentales d'un problème (Hegarty et Mayer, 1992; Hinsley *et al.*, 1977; Janvier, 1987). La représentation mentale, pour sa part, renvoie à une structure cognitive unifiée, construite à partir du texte, où les valeurs des différentes variables deviennent liées entre elles (Andre, 1986; Hegarty *et al.*, 1992). Le processus de compréhension d'un problème mathématique, lorsqu'il est perçu comme la construction d'une série de représentations mentales, doit donc être interprété comme l'évolution de la structure mentale de l'individu par rapport à toutes les informations reliées au problème effectué.

Pour mieux illustrer le concept de compréhension, des auteurs tels que Kintsch et Greeno (1985) ont créé un modèle qui morcelle le processus de compréhension en deux niveaux. C'est ce modèle, très connu, qui est retenu pour dans la présente étude.

3.3.1.1 Le modèle de compréhension de Kintsch et Greeno

Dans le domaine de la RPÉM, Kintsch et Greeno (1985) ont présenté un modèle de compréhension basé sur la construction d'une représentation interne menant à la résolution d'un problème. Pour créer ce modèle, les auteurs se sont basés sur le modèle de compréhension de textes de Kintsch et Van Dijk (1978) et l'ont combiné aux hypothèses sur les connaissances sémantiques pour la compréhension de textes de Riley et ses collaborateurs (1983). Le modèle de Kintsch et Greeno (1985) a également permis d'analyser le processus de compréhension par l'utilisation de schémas lors de la RPÉM.

Ce modèle a pour objectif d'expliquer ce qu'est la construction d'une représentation interne d'un problème dans le but de le résoudre. Cette représentation comprend deux niveaux. Le premier niveau consiste en la création d'une série de propositions. Ces propositions sont conçues à partir du texte initial. Ce processus est exécuté au moment de la lecture du texte et est décrit comme la création d'une base de texte. Le deuxième niveau de représentation amène l'individu à créer un schéma interne où les données manquantes sont remplacées par les données de la situation et des connaissances personnelles en lien avec le problème. En d'autres termes, l'individu construit sa représentation du problème en utilisant à la fois les informations pertinentes tirées du texte et des connaissances personnelles disponibles dans sa mémoire. Ce niveau consiste en la création du modèle de problème. À l'aide de ce modèle, l'individu peut entamer les bonnes démarches pour résoudre le problème. Par exemple, avec le problème suivant : « *Julie et Catherine aiment jouer aux billes. Catherine a 12 billes. Julie a 3 fois plus de billes que Catherine. Combien de billes Julie possède-t-elle ?* », la création d'une base de texte par l'individu lui permet d'obtenir une représentation interne pour chacune des propositions de l'énoncé du problème. Le modèle de problème, lui, permet à l'individu de ne retenir que les informations importantes du texte, soit le nombre de billes que Catherine possède (12 billes) et la relation entre le nombre de billes de Catherine et celui de Julie (Julie possède 3 fois plus de billes que Catherine). Les autres éléments du texte peuvent ainsi être ignorés. Le modèle de problème implique également une compréhension plus mathématique du problème, soit plus éloignée du texte. Dans le problème précédent, il s'agit de comprendre l'expression « 3 fois plus » qui ne signifie la même chose que les expressions « 3 de plus » et « 3 fois de plus ». La bonne représentation de cette relation mathématique peut mener à la bonne démarche de résolution. Le modèle de problème permet également de déduire que, par exemple, personne ne perd ou ajoute de billes à sa collection entre temps.

Le modèle de Kintsch et Greeno (1985) a permis de faire ressortir des schémas de problèmes additifs (qui seront présentés à la section 3.4.1.2.1.1). Ce modèle permet entre autres d'expliquer pourquoi certains problèmes, qui diffèrent uniquement par leur construction sémantique, sont plus difficiles que d'autres. Cependant, il ne permet pas de résoudre un problème lorsqu'il s'agit d'un problème atypique ou lorsque le sujet manque d'expertise.

En bref, le processus de compréhension consiste en la construction de plusieurs représentations mentales successives d'une situation qui permet à l'élève de faire évoluer son raisonnement. Dans le contexte des mathématiques, il s'agit de se représenter le problème afin d'en faire ressortir les informations importantes et d'en inférer d'autres pour agir sur celui-ci et tenter une démarche de résolution.

3.3.2 La compréhension de problèmes et le rendement en résolution de problèmes écrits de mathématiques (RPÉM)

Considérant tout ce que le processus de résolution de problèmes implique, il n'est pas surprenant que la compréhension de problèmes soit vue comme une étape cruciale qui détermine si l'élève est sur la bonne voie pour résoudre le problème posé. Elle représente un important facteur de rendement en RPÉM. En moyenne, on peut établir qu'entre 15 et 30 % de la réussite d'une résolution de problèmes sont déterminés par la compréhension du problème, soit au moment de sa lecture et au niveau de sa représentation (Clements, 1980; Lucangeli *et al.*, 1998; Newman, 1977; Swanson *et al.*, 1993; Vilenius-Tuohimaa *et al.*, 2008; Watson, 1980). En conséquence, intervenir sur la compréhension de problèmes serait un moyen efficace pour améliorer le rendement en RPÉM. Pour y parvenir, certains chercheurs proposent d'intervenir sur l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes (Christou et Philippou, 1999). Les prochaines sections apportent donc des précisions sur les concepts de schémas de problèmes et d'habileté à reconnaître le schéma de problèmes.

3.4 LES SCHÉMAS DE PROBLÈMES MATHÉMATIQUES

Le concept de schémas de problèmes est polysémique puisqu'il renvoie à plusieurs définitions. Selon Levain, Borgne et Simard (2006), le concept de schémas de problèmes peut tout aussi bien renvoyer à des modèles cognitifs de construction et d'organisation des connaissances en mémoire qu'à l'analyse des problèmes et à la classification exhaustive des tâches. Ces deux concepts peuvent être considérés comme deux sous-catégories du schéma de problèmes. En mathématique, quoique ces deux sous-catégories soient intimement liées, il est important de les distinguer. En ce sens, une définition générale du concept de schémas est ici présentée, suivie des nuances à faire entre les schémas de problèmes au point de vue cognitif et les schémas de problèmes au point de vue de la structure de problèmes mathématiques.

3.4.1 Définition générale du concept de schémas

Un schéma se définit comme une structure organisée qui comprend des éléments et des relations (Morales, Shute et Pellegrino, 1985). Cette organisation peut être représentée à travers divers objets ou de manière abstraite. Sur le plan cognitif, le schéma est vu comme une organisation de la connaissance. Cette conception est apparue en 1930, mais c'est seulement depuis les années 70 qu'elle a été développée (Julo, 1995). D'une manière un peu plus précise, un schéma est une composition d'éléments organisés et structurés de connaissances abstraites laissées en mémoire par des expériences passées, qui forment un tout indissociable (Julo, 1995; Mayer, 1992). De plus, « les schémas assureraient une fonction assimilatrice et constitueraient de la sorte des mécanismes actifs de reconnaissance et d'assimilation des informations » (Levain *et al.*, 2006 : 97).

Marshall (1993), qui s'est attardée à la définition du concept de schémas, donne un exemple d'une situation où des schémas sont utilisés : se diriger dans un aéroport international inconnu. Selon les circonstances, cette situation implique qu'il faudra acheter un billet, enregistrer ses bagages et passer la sécurité. Une personne qui possède des schémas bien développés par rapport à ce genre de situation aura peu de difficulté à se débrouiller, car elle utilisera ses expériences acquises dans les autres aéroports pour les appliquer dans celui qui lui est inconnu. En reconnaissant les circonstances d'une situation et les schémas qui lui sont rattachés, l'individu utilisera les connaissances dans sa mémoire à long terme, ce qui lui permettra de retrouver le schéma ou les combinaisons de schémas les plus pertinents à la nouvelle situation.

Ainsi, les schémas ne sont pas qu'un regroupement d'informations entreposées dans la mémoire puisqu'ils permettent également de procéder à des raisonnements. En mathématique, ils permettent à certaines personnes de reconnaître ou de regrouper des classes de problèmes (schémas de problèmes). C'est du moins ce que plusieurs recherches ont signalé (Hinsley *et al.*, 1977; Julo, 1995; Morales *et al.*, 1985; Quilici *et al.*, 1996; Riley *et al.*, 1983; Silver, 1981). Tel qu'il le fut déjà mentionné, le concept de schémas de problèmes peut se subdiviser en deux sous-catégories : les schémas de problèmes cognitifs et les schémas représentés à l'intérieur de classes de problèmes (schémas de problèmes). Puisque ces deux sous-catégories sont utilisées dans cette étude, les prochaines sections auront pour objectif de présenter chacune d'elles.

3.4.1.1 Les schémas cognitifs

Une première catégorie de schémas renvoie à des modèles cognitifs précisant la construction et l'organisation des connaissances en mémoire (Levain *et al.*, 2006). En général, les études portant sur la RPÉM jugent que les schémas cognitifs d'un problème influencent la façon dont les gens se représentent ce problème (Kintsch et Greeno, 1985). Ainsi, on considère que la représentation correcte d'un problème peut donner accès à un schéma cognitif qui suggère une méthode simple de solution ou une réponse plus ou moins automatique (Hinsley *et al.*, 1977; Schoenfeld et Douglas, 1982; Simon et Chase, 1973). En conséquence, il faut avoir le schéma approprié pour organiser un problème et le résoudre (Briars et Larkin, 1984; Hinsley *et al.*, 1977). Ce schéma peut donc influencer d'une manière positive le processus par lequel le sujet résout un problème, mais également nuire à la résolution lorsque le sujet a de mauvaises représentations, ce qui a une incidence négative sur le rendement. En effet, des erreurs en RPÉM peuvent survenir lorsque le sujet catégorise mal le problème, c'est-à-dire lorsque le schéma utilisé n'est pas celui représenté par la situation à résoudre (Mayer, 2002; Mayer *et al.*, 1984).

Tout comme le processus de compréhension de problèmes, les schémas cognitifs permettent à l'individu d'inférer des informations manquantes à l'intérieur d'un texte ou d'une situation (Kintsch et Greeno, 1985; Richard, 1990, 1998). D'ailleurs, dans leur étude, Bower, Black et Turner (1972) ont demandé aux participants, à la suite de la lecture d'un texte comprenant un schéma particulier (p. ex. : le schéma « se diriger dans un aéroport »), de choisir parmi plusieurs énoncés ceux qui avaient été textuellement écrits. Ils ont trouvé que les répondants identifiaient des énoncés qui n'étaient pas présents dans le texte, mais qu'ils avaient pu inférer à partir de schémas. Par ailleurs, Richard (1990, 1998) ajoute que les schémas cognitifs d'un problème permettent d'éliminer les informations qui sont superflues par rapport à la recherche de la solution. Par exemple, dans le problème suivant : « *Depuis, 2 semaines, Billie aime beaucoup les cartes de hockey. Il en possède déjà 38 et en achète 16 pour compléter sa collection. Combien de cartes de hockey Billie possède-t-il maintenant ?* ». L'élève qui tenterait de résoudre ce problème pourrait éliminer la première phrase du texte pour se concentrer davantage sur les éléments importants relatifs à la RPÉM.

Les schémas cognitifs sont donc des processus mentaux qu'emploie une personne dans une situation particulière. L'utilisation de ces schémas cognitifs amène entre autres la personne à faire appel à une autre sous-catégorie du concept de schémas, soit les schémas de problèmes. Ces derniers sont représentés par des classes de problèmes qui possèdent certaines caractéristiques communes. C'est ce qui est exposé dans la section qui suit.

3.4.1.2 Les schémas représentés à l'intérieur de classes de problèmes (schémas de problèmes)

L'expression « schéma de problèmes » fait référence à la structure du problème, c'est-à-dire les éléments qui donnent un cadre de base au problème. Plus précisément, le schéma de problèmes se définit par les opérations nécessaires à la résolution du problème ainsi que les liens entre les concepts à l'intérieur des problèmes (Levain *et al.*, 2006; Riley *et al.*, 1983). Dans la littérature, d'autres termes sont utilisés pour faire référence à ces schémas de problèmes, tels que la structure de problèmes mathématiques (Christou et Philippou, 1999; Gliner, 1989; Julo, 1995; Quilici *et al.*, 1996, 2002; Silver, 1979, 1981), le type de problèmes (Hinsley *et al.*, 1977; Riley *et al.*, 1983) et la structure profonde (*deep structure*) du problème (McGivney-Burelle, 1999). Comme il fut spécifié plus tôt, la présente étude s'intéresse plus particulièrement aux schémas de problèmes d'un domaine particulier des mathématiques, soit l'arithmétique. Ainsi, les prochaines sections présenteront différents classements de schémas de problèmes d'arithmétique.

3.4.1.2.1 Classement des schémas de problèmes

Il existe dans la littérature de nombreuses façons de classer les problèmes d'arithmétique. En effet, plusieurs critères différents ont été déterminés par les auteurs, ce qui a donné diverses classifications. Toutefois, certains critères doivent être respectés afin que l'on puisse dire que deux problèmes possèdent le même schéma de problèmes. Les chercheurs s'entendent pour reconnaître qu'on ne peut limiter la classification des schémas de problèmes à l'opération mise en jeu (Thévenot, Coquin et Verschaffel, 2006). Selon Marshall et ses collaborateurs (1987), la manière la plus efficace d'organiser la classification de problèmes mathématiques est la recherche d'éléments communs à l'intérieur du schéma du problème. Elle consiste donc à regarder les concepts mathématiques impliqués et illustrés par les relations sémantiques qu'ils entretiennent. Une relation sémantique, pour sa part, met en évidence des liens importants entre des éléments.

Dans la littérature, une première façon de classer les problèmes d'arithmétique est de séparer les problèmes additifs des problèmes multiplicatifs. À partir de ces classes de problèmes, des auteurs ont divisé les problèmes en fonction de leurs similitudes structurelles, soit le schéma de problèmes. Ainsi, cette nouvelle classification offre la possibilité de rassembler les problèmes qui possèdent le même schéma. À cet égard, les prochaines sections auront pour objectif de présenter un éventail de classifications de problèmes additifs et multiplicatifs dans le but d'identifier les éléments qui permettent de dire que deux problèmes mathématiques possèdent le même schéma.

3.4.1.2.1.1 Les problèmes additifs

Les problèmes additifs sont des problèmes qui impliquent l'utilisation d'au moins une addition ou d'une soustraction pour trouver la solution. Plusieurs classifications ont été réalisées au début des années 80 pour ce genre de problèmes. Pour résoudre des problèmes additifs, on doit posséder des connaissances conceptuelles qui peuvent être d'accroissement, de diminution, de combinaison ou de comparaison. C'est d'ailleurs sur cette assise que les diverses classifications ont été effectuées (Carpenter, Hiebert et Moser, 1983; Carpenter, Moser et Romberg, 1982; Kintsch et Greeno, 1985; Marshall *et al.*, 1987; Riley *et al.*, 1983). Voici trois classements qui sont parmi les plus utilisés dans la littérature.

Le classement de Riley, Greeno et Heller

Riley et ses collaborateurs (1983) ont effectué le classement de schémas de problèmes en fonction des relations sémantiques entourant les quantités, de l'identité de l'élément inconnu (l'inconnue) et de l'opération mise en jeu. Chacun des éléments de ce classement sera expliqué dans les prochaines subdivisions de cette section.

Relations sémantiques entourant les quantités

Les relations sémantiques additives déterminées par Riley et ses collaborateurs (1983) sont : changement, combinaison, comparaison et égalisation. Les prochaines parties illustreront chacune de ces relations à l'aide d'exemples.

- Les problèmes de changement

Les problèmes de changement impliquent au moins une transformation d'un état du problème. Par exemple, dans le problème suivant : « *Sabrina a 12 billes. Elle en donne 5 à Anne-Pierre. Combien de billes Sabrina a-t-elle maintenant ?* », l'état initial subit une transformation et comporte une temporalité. Sabrina, qui avait au départ douze billes, « transforme » sa situation puisqu'elle en donne cinq à Anne-Pierre.

- Les problèmes de combinaison

Les problèmes de combinaison sont des situations statiques où l'on combine des parties. Par exemple, dans le problème suivant : « *Kévin a 3 pommes et 2 oranges. Combien de fruits Kévin possède-t-il ?* », il faut combiner le nombre de pommes et d'oranges pour connaître la quantité de fruits que possède Kévin.

- Les problèmes de comparaison

Les problèmes de comparaison consistent à comparer au moins une quantité à une autre. On utilise alors les termes « de plus » ou « de moins ». Par exemple, dans le problème suivant : « *Maxime possède 12 timbres et Christine en a 2 de plus que lui. Combien de timbres Christine possède-t-elle ?* », on compare la quantité de timbres possédée par les deux personnes concernées. Dans ce cas, Christine possède deux timbres de plus que Maxime. Il faut donc ajouter deux timbres à la collection de Maxime pour trouver combien Christine en possède.

- Les problèmes d'égalisation

Les problèmes d'égalisation impliquent de modifier au moins une quantité pour qu'elle soit équivalente à une autre. Par exemple, dans la situation suivante : « *Francine a 22 bonbons. Fernand en possède 9. Combien Fernand doit-il acheter de bonbons pour en avoir autant que Francine ?* », il faut soustraire le nombre de bonbons de Fernand à celui de Francine afin de connaître le nombre de bonbons que Fernand doit acheter pour égaler celui de Francine.

L'identité de l'élément inconnu (l'inconnue)

L'identité de l'élément inconnu consiste à déterminer si la quantité qui n'est pas donnée par la situation et que l'on cherche se situe, soit au début ($? + 3 = 5$), au milieu ($3 + ? = 5$) ou à la fin ($3 + 2 = ?$).

L'opération mise en jeu

L'opération mise en jeu est en fait l'opération mathématique qui doit être effectuée entre les éléments connus de la situation pour trouver l'élément inconnu et ainsi résoudre le problème. Donc, pour résoudre un problème additif, il faut effectuer soit une addition, une soustraction ou une combinaison d'additions, soustractions ou de ces deux opérations.

Ainsi, deux problèmes ont exactement le même schéma de problèmes lorsqu'ils appartiennent à la même classe de problèmes (mêmes relations sémantiques), lorsque l'élément inconnu est le même et lorsque les problèmes se résolvent à l'aide des mêmes opérations mathématiques.

Les problèmes utilisés par Riley et ses collaborateurs (1983) se trouvent dans le tableau 1 qui se trouve à la page suivante. Ce tableau est tiré de la traduction proposée par Thévenot, Coquin et Verschaffel (2006). Toutefois, une traduction personnelle des problèmes d'égalisation a été insérée ici puisque ces derniers ne figuraient pas dans leur document.

Tableau 1 : Classification des problèmes selon Riley, Greeno et Heller (1983)

Classes de problèmes	
Problèmes de changement	
Changement 1	X avait 3 billes. Puis Y lui a donné 5 billes. Combien de billes a maintenant X ?
Changement 2	X avait 8 billes. Puis il a donné 5 billes à Y. Combien de billes a maintenant X ?
Changement 3	X avait 3 billes. Y lui en a donné. X a maintenant 8 billes. Combien de billes Y a-t-il donné à X ?
Changement 4	X avait 8 billes. Il en a donné à Y. Maintenant X a 3 billes. Combien a-t-il donné de billes à Y ?
Changement 5	X avait des billes. Y lui en a donné 5 de plus. Maintenant X a 8 billes. Combien X avait-il de billes ?
Changement 6	X avait des billes. Il en a donné 5 à Y. Maintenant X a 3 billes. Combien avait-il de billes ?
Problèmes de combinaison	
Combinaison 1	X a 3 billes. Y a 5 billes. Combien X et Y ont-ils de billes ensemble ?
Combinaison 2	X et Y ont ensemble 8 billes. X a 3 billes. Combien Y a-t-il de billes ?
Problèmes de comparaison	
Comparaison 1	X a 8 billes. Y a 5 billes. Combien X a-t-il de billes de plus que Y ?
Comparaison 2	X a 8 billes. Y a 5 billes. Combien Y a-t-il de billes de moins que X ?
Comparaison 3	X a 3 billes. Y a 5 billes de plus que X. Combien Y a-t-il de billes ?
Comparaison 4	X a 8 billes. Y a 5 billes de moins. Combien Y a-t-il de billes ?
Comparaison 5	X a 8 billes. Il a 5 billes de plus que Y. Combien Y a-t-il de billes ?
Comparaison 6	X a 3 billes. Il a 5 billes de moins que Y. Combien Y a-t-il de billes ?
Problèmes d'égalisation	
Égalisation 1	X a 3 billes. Y a 8 billes. Combien de billes X a-t-il besoin pour en avoir autant que Y ?[7]
Égalisation 2	X a 8 billes. Y a 3 billes. Qu'est-ce que X peut fait pour en avoir autant que Y ?[8]

Source : *La résolution de problèmes*, 2006. Thévénot, Coquin et Verschaffel.

Le classement de Carpenter, Moser et Romberg

Carpenter et ses collaborateurs (1982) ont classé les problèmes additifs en fonction de leurs relations sémantiques. Ils ont identifié trois dimensions qui mènent à six classes de problèmes écrits. Les six classes sont : réunion, séparation, partie-partie-tout, comparaison, égalisation d'ajout et égalisation de retranchement. Les problèmes de réunion et de séparation sont équivalents aux problèmes de changements de Riley et ses collaborateurs

[7] X has 3 marbles. Y has 8 marbles. How many marbles does X need to have as many as Y ? (Riley *et al.*, 1983 : 160)

[8] X has 8 marbles. Y has 3 marbles. What could X do to have as many marbles as Y ? (Riley *et al.*, 1983 : 160)

(1983). Les problèmes de réunion consistent à mettre ensemble deux quantités, alors que les problèmes de séparation ont les mêmes caractéristiques que les problèmes de réunion, à l'exception que l'action nécessitée pour résoudre le problème est une diminution. Toutes deux impliquent donc un changement de l'état, à l'instar de la classe de changement de Riley et ses collaborateurs (1983). Les problèmes de partie-partie-tout et de comparaisons sont respectivement équivalents aux problèmes de combinaisons et de comparaisons de Riley et ses collaborateurs (1983). Finalement, l'égalisation d'ajout est impliquée lorsque l'on doit augmenter une quantité pour la rendre équivalente à une autre, alors que l'égalisation de retranchement survient lorsque l'on doit diminuer une quantité pour obtenir une équivalence. Ces deux dernières classes sont fusionnées dans la classification de Riley et ses collaborateurs (1983), ce qui a donné la classe de l'égalisation. Ces auteurs précisent que chacune de ces six classes peut être subdivisée en trois, en fonction de l'identité de l'inconnu. Le tableau 2 présente la classification des problèmes selon Carpenter et ses collaborateurs (1982) et leur équivalence dans la classification de Riley et ses collaborateurs (1983).

Tableau 2 : Classification des problèmes selon Carpenter, Moser et Romberg (1982)

Classes de problèmes	**Exemples**	**Problèmes dérivés**
Réunion	X avait 17 billes. Il en a maintenant 13.	Les 6 problèmes de Changement (Riley *et al.*, 1983)
Séparation	X avait 17 billes. Il en a maintenant 13.	Les 6 problèmes de Changement (Riley *et al.*, 1983)
Partie-partie-tout	X a 6 billes. Y a 4 billes. Ils ont ensemble 10 billes.	Les 2 problèmes de Combinaison (Riley *et al.*, 1983)
Comparaison	X a 8 billes. Il a 5 billes de plus que Y. Y a 3 billes.	Les 6 problèmes de Comparaison (Riley *et al.*, 1983)
Égalisation d'ajout	X a 3 billes. Y a 8 billes. X a besoin de 5 billes.	Problème d'égalisation 1 (Riley *et al.*, 1983)
Égalisation de retranchement	X a 8 billes. Y a 3 billes. X doit enlever 5 billes.	Problème d'égalisation 2 (Riley *et al.*, 1983)

Le classement de Vergnaud

Vergnaud (1982) est le seul qui a effectué une classification purement conceptuelle, c'est-à-dire sans prendre en considération l'opération à effectuer. Les principaux concepts utilisés par Vergnaud (1982) sont : la mesure, les transformations temporelles et les relations statiques. Découlent de ces concepts six classes de problèmes qui résument « celles élaborées par les autres auteurs tout en envisageant les différents cas possibles portant sur des états seuls, des transformations seules ou un mélange des deux » (Thévenot *et al.*, 2006 : 159). Toutefois, les classes de problèmes de Vergnaud (1982) peuvent aussi trouver leur équivalence dans le modèle de Riley et ses collaborateurs (1983). Ainsi, à l'instar de Riley et ses collaborateurs (1983), on peut considérer que les problèmes ont le même schéma de problèmes lorsqu'ils appartiennent à la même classe de problèmes parmi celles élaborées par Vergnaud (1982), lorsqu'ils utilisent les mêmes opérations, dans le même ordre et lorsque l'inconnu se situe au même endroit dans la phrase mathématique. Le tableau 3 présente la classification des problèmes de Vergnaud (1982) en fonction de ses équivalences avec le modèle de Riley et ses collaborateurs (1983).

Tableau 3 : Classification des problèmes selon Vergnaud (1982)

Classes de problèmes	Exemples	Problèmes dérivés
Composition de deux mesures	X a 6 billes. Y a 4 billes. Ils ont ensemble 10 billes.	Les 2 problèmes de Combinaison (Riley *et al.*, 1983)
Transformation reliant deux mesures	X avait 17 billes. Il en a maintenant 13.	Les 6 problèmes de Changement (Riley *et al.*, 1983)
Relation statique entre deux mesures	X a 8 billes. Il a 5 billes de plus que Y. Y a 3 billes.	Les 6 problèmes de Comparaison (Riley *et al.*, 1983)
Composition de deux transformations	X a gagné 6 billes. Puis il a perdu 9 billes. En tout il a perdu 3 billes.	3 problèmes selon la nature de l'inconnu (6, 9 ou 3)
Transformation entre deux relations statiques	X devait 6 billes à Y. Il lui en donne. X doit encore 2 billes.	3 problèmes selon la nature de l'inconnu (6, 4 ou 2)
Composition de deux relations statiques	X a 7 billes de plus que Y. Y a 3 billes de moins que Z. X a 4 billes de plus que Z.	3 problèmes selon la nature de l'inconnu (7, 3 ou 4)

Source : *La résolution de problèmes*, 2006. Thévénot, Coquin et Verchaffel.

En plus de celles présentées jusqu'ici, d'autres classifications des problèmes additifs existent dans la littérature (Kintsch et Greeno, 1985; Marshall *et al.*, 1987). Toutefois, il a été montré, on peut trouver une équivalence avec le modèle de Riley et ses collaborateurs (1983). Leur classification est d'ailleurs considérée comme la plus complète des problèmes additifs (Thévenot *et al.*, 2006).

3.4.1.2.1.2 Les problèmes multiplicatifs

Les chercheurs qui se sont intéressés à la classification de problèmes additifs, tels que Carpenter et ses collaborateurs (1982) de même que Riley et ses collaborateurs (1983), ne se sont pas penchés sur les problèmes multiplicatifs. En fait, peu d'auteurs ont classé ce genre de problèmes, et ceux qui l'ont fait n'ont pas associé leurs résultats à une analyse de leur validité écologique (Thévenot *et al.*, 2006). Néanmoins, Vergnaud (1982) distingue les classes de problèmes qui nécessitent au moins une opération multiplicative (multiplication ou division) pour les résoudre. Il a catégorisé les problèmes multiplicatifs en fonction des concepts liés aux problèmes impliqués. Les prochains paragraphes présenteront la classification des problèmes multiplicatifs de Vergnaud (1982), telle qu'elle fut décrite par Poirier (2001).

Vergnaud (1982) définit cinq classes de problèmes qui implique le concept de multiplication. Ces derniers ont été repris par Poirier (2001) qui les décrit comme étant les sens de la multiplication. Il s'agit de l'addition répétée, du produit cartésien (ou combinaison), de la comparaison multiplicative, de la disposition rectangulaire et, enfin, de l'aire et du volume.

- L'addition répétée

Les problèmes d'addition répétée se divisent en deux types : soit l'action répétée, où un geste est refait à un certain nombre de reprises (p. ex. : « *Je mange 4 oranges par semaine. Combien en aurai-je mangé en 4 semaines ?* »), soit la réunion répétée d'éléments (p. ex. : « *Je possède 4 casse-têtes de 20 morceaux chacun. Combien de morceaux de casse-têtes ai-je au total ?* »). Dans chacun de ces cas, l'élève peut soit multiplier les éléments connus pour obtenir la réponse (p. ex. : 4 orages x 4 semaines = 16 oranges au total) ou bien additionner un des éléments connus à d'autres éléments connus (p. ex. : 4 oranges + 4 oranges + 4 oranges + 4 oranges = 16 oranges en 4 semaines).

- Le produit cartésien (ou combinaison)

Le produit cartésien (ou combinaison) implique différentes associations entre plusieurs éléments. Les problèmes de combinaison d'habits en sont de bons exemples (p. ex. : « *Combien de combinaisons différentes est-il possible de faire avec 3 gilets et 5 pantalons ?* »*)*. Dans de tels cas, on doit multiplier le premier élément (le nombre de gilets) par le deuxième (le nombre de pantalons) pour connaître le nombre total de combinaisons différentes que l'on peut obtenir.

- Comparaison multiplicative

Tout comme dans les problèmes additifs, la comparaison multiplicative compare au moins une partie avec une autre. Dans des cas semblables, les termes « fois plus » ou « fois moins » sont employés. Par exemple, dans le problème suivant : « *Maïk a 12 roses. Valérie en a 3 fois plus que lui. Combien Valérie a-t-elle de roses ?* », il faut multiplier la quantité de roses de Maïk par trois puisque Valérie en possède trois fois plus.

- La disposition rectangulaire

La disposition rectangulaire comprend des problèmes qui comportent une disposition géométrique d'objets. Par exemple, on peut facilement utiliser la disposition rectangulaire pour illustrer la multiplication, comme dans le problème suivant : « *Dans un cinéma, il y a*

5 rangées de 4 sièges. Combien y a-t-il de sièges dans ce cinéma ? », qui pourrait être illustré de cette façon :

Rangée 1	Rangée 2	Rangée 3	Rangée 4	Rangée 5
Siège 1	Siège 1	Siège 1	Siège 1	Siège 1
Siège 2	Siège 2	Siège 2	Siège 2	Siège 2
Siège 3	Siège 3	Siège 3	Siège 3	Siège 3
Siège 4	Siège 4	Siège 4	Siège 4	Siège 4

Figure 1 : Illustration d'un problème de disposition rectangulaire

Pour résoudre cette situation, il faut multiplier chacune des cinq rangées par les quatre sièges qu'elle contient (5 x 4 = 20). Le résultat s'exprime également par le dénombrement des rectangles illustré par la figure 1.

- L'aire et le volume

L'aire et le volume font référence à des schémas de problèmes qui impliquent au moins un calcul d'aire ou de volume. Par exemple, si l'on demande de trouver le volume d'un cube de deux centimètres de largeur, il faudrait multiplier les éléments du problème en fonction de la formule de volume, soit largeur x longueur x hauteur (2 x 2 x 2 = 8 cm^3).

Cette façon de classer les problèmes multiplicatifs a d'ailleurs été appuyée par d'autres auteurs (Greer, 1992; Schmidt et Weiser, 1995). Il est à noter que même si ces problèmes sont classés selon les « sens de la multiplication », ils peuvent également nécessiter une division pour l'obtention de la réponse. Par exemple, le problème de comparaison suivant : « *Réjeanne a 6 pommes et Marc en a 3 fois plus. Combien de pommes Marc a-t-il ?* », exige une multiplication, alors que le problème suivant « *Réjeanne* *a 6 pommes et Marc en a 3 fois moins. Combien de pommes Marc a-t-il ?* », exige une division.

Vergnaud (1982) définit également trois classes de problèmes qui implique le concept de division. Ces derniers sont utilisés par Poirier (2001) qui les définit comme les sens de la division. Ces trois classes sont : le partage, le regroupement et la contenance.

- Le partage

La notion de partage est impliquée lorsque l'on veut répartir équitablement une quantité entre un groupe de personnes ou d'objets. Par exemple, le problème suivant : « *Charlie a 12 oranges et il veut en donner également à 6 de ses amis. Combien d'oranges chacun des amis de Charlie recevra-t-il ?* », implique la notion de partage, puisque l'on doit diviser équitablement le nombre total d'oranges par le nombre de personnes à qui l'on veut en donner.

- Le regroupement

Le regroupement est impliqué lorsque l'on connaît déjà la quantité totale que chacun des groupes doit contenir. Par exemple, dans le problème suivant : « *Éliane a 24 petits pains qu'elle vend en sac de 4. Combien de sacs Éliane peut-elle vendre avec ses 24 petits pains ?* », on doit trouver le nombre de regroupements qu'il est possible de faire.

- La contenance

Les problèmes de contenance sont des problèmes qui mettent en cause la quantité qu'un récipient peut contenir (p. ex. : « *Patrick a fait remplir sa bombonne de propane en avril. Il a consommé le 1/5 de sa bombonne au printemps et les 2/3 à l'été. Il lui reste 280 litres de propane. Quelle est la contenance totale de sa bombonne ?* »).

Ainsi, tout comme les problèmes additifs, les problèmes multiplicatifs possèdent le même schéma de problèmes lorsque des problèmes d'une même classe utilisent les mêmes opérations pour obtenir la réponse et qu'ils possèdent la même inconnue.

Il est important de noter que d'autres sous-catégories de schémas existent. Par exemple, en mathématique comme dans d'autres disciplines, le schéma peut être utilisé pour représenter une situation à l'aide de dessins, de graphiques, de diagrammes ou autres. Toutefois, cet aspect du concept de schéma ne sera pas traité dans la présente étude.

Il a été montré que le concept de schémas de problèmes est polysémique et qu'il peut tout aussi bien consister en une structure cognitive qu'en une classification de problèmes mathématiques respectant certains critères. Du point de vue cognitif, un schéma est un ensemble d'informations liées entre elles qu'une personne mobilise pour réagir à une classe de situations particulières en se basant en partie sur ses expériences passées. En RPÉM, l'utilisation des schémas de problèmes cognitifs permet entre autres de reconnaître une autre forme du schéma, soit celle des classes de problèmes présentés sous forme écrite (schéma de problèmes). En fait, la reconnaissance du schéma de problèmes est l'opérationnalisation des schémas cognitifs d'une personne. En effet, les schémas de problèmes cognitifs des élèves ne sont pas directement accessibles aux chercheurs. C'est uniquement à partir de manifestations externes, soit par la reconnaissance du schéma de problèmes, que les chercheurs peuvent faire des inférences. Dans la présente étude, les schémas cognitifs et les schémas de problèmes seront traités. Par contre, afin de répondre aux questions de la recherche, une attention plus particulière sera accordée à l'opérationnalisation des schémas cognitifs, c'est-à-dire à la reconnaissance du schéma de problèmes. La prochaine section portera d'ailleurs sur l'habileté à reconnaître ce dernier.

3.5 L'HABILETÉ À RECONNAÎTRE LE SCHÉMA DE PROBLÈMES

La reconnaissance du schéma de problèmes fait référence à l'action de reconnaître les similitudes structurelles entre des problèmes qui se résolvent de la même façon (Quilici *et al.*, 1996, 2002). Dans le contexte de la RPÉM, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes peut être définie comme la bonne classification du schéma de problèmes (Julo, 1995). Cette action permet en fait d'évaluer si une personne est habile à reconnaître le schéma de problèmes entre différents problèmes mathématiques et, ainsi, de savoir si cette personne construit des schémas cognitifs qui sont fidèles aux problèmes présentés.

Il a été montré que les élèves ont tendance, dès le début de la lecture d'un problème écrit, à caractériser le problème en schémas de problèmes en fonction des schémas qui sont disponibles dans leur mémoire (Chi, Feltovich et Glaser, 1981; Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Krutetskii, 1976; Silver, 1979). Toutefois, cette activité n'est pas réalisée de la même manière chez les bons solutionneurs et chez les moins bons solutionneurs. Plusieurs recherches ont souligné que les bons solutionneurs avaient davantage tendance à classer les problèmes en fonction de leur structure mathématique (schéma de problèmes), tandis que les moins bons solutionneurs les classaient davantage par thèmes ou ressemblances superficielles (Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Silver, 1979, 1981). Il a également été suggéré que cette habileté à classer des problèmes était une importante source de différences individuelles chez les enfants lors de la RPÉM.

Par exemple, Silver (1979) a élaboré 24 problèmes d'arithmétique qui pouvaient être groupés selon leurs caractéristiques superficielles ou leur schéma de problèmes. Le chercheur a demandé à 95 élèves de 8^{e} année d'une école publique de New-York de diviser les problèmes en groupes mathématiquement reliés et ensuite de les résoudre. Silver (1979) a trouvé que la tendance à trier les problèmes en fonction des schémas de problèmes était corrélée positivement avec l'habileté à raisonner avec des concepts mathématiques, c'est-à-dire la résolution de problèmes (r = 0,46, p < 0,05). Dans une autre recherche, Silver (1981) a conclu que les bons solutionneurs tendaient également à se rappeler plus adéquatement de la structure mathématique des problèmes (schéma de problèmes) qu'ils avaient résolus, contrairement aux moins bons solutionneurs qui n'avaient retenu que l'histoire du problème.

D'une façon similaire, Gliner (1989) a demandé à 133 étudiants, provenant de différents programmes d'un collège américain, de trier 13 problèmes différents qui variaient autant par leurs caractéristiques superficielles (p. ex. : histoire, mots-clés, question) que par leur schéma de problèmes. Par la suite, les étudiants étaient invités à résoudre les problèmes mathématiques. Gliner (1989) a observé, tout comme Silver (1979) l'avait fait, que les bons solutionneurs triaient les problèmes en fonction de leur schéma de problèmes, tandis que les moins bons solutionneurs les triaient en fonction de l'histoire et des unités de mesure.

Enfin, Hinsley, Hayes et Simon (1977) ont demandé à des élèves du secondaire et du collégial de trier, en fonction des types de problèmes (schémas de problèmes), 76 problèmes d'algèbre sélectionnés à partir de manuels scolaires du secondaire. Les chercheurs ont observé que les participants étaient en mesure de se mettre d'accord sur un ensemble limité de catégories, soit en moyenne 13,5 catégories, et que celles-ci étaient en lien avec leur schéma de problèmes. De plus, selon les auteurs, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes serait naturelle et instantanée.

Dans la littérature, on a souvent utilisé la reconnaissance du schéma de problèmes avec des tâches de classement ou d'association pour opérationnaliser les schémas cognitifs de problèmes mathématiques (Gliner, 1989; Hayes, 1981; Morales *et al.*, 1985; Quilici *et al.*, 1996, 2002; Silver, 1979, 1981). Seulement, il est primordial de mentionner que cette habileté n'est utilisée qu'avec des problèmes isomorphes, c'est-à-dire des problèmes qui ont exactement le même schéma de problèmes. Dans le cas où les problèmes sont modérément différents, le concept de problèmes analogiques est de mise (English, 1997). Ce dernier ne fait cependant pas partie de l'objet de la présente étude qui s'intéresse aux problèmes isomorphes.

En somme, de nombreuses études se sont penchées sur l'évaluation de l'habileté à classer des problèmes en fonction de leur schéma et en lien avec le rendement en RPÉM. Ces études ont montré, à plusieurs niveaux académiques, que plus un élève est habile à classer des problèmes en fonction de leur schéma, plus il le sera également en RPÉM (Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Lucangeli *et al.*, 1998; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993). Toutefois, peu de ces recherches ont été effectuées au niveau primaire et encore moins auprès de jeunes élèves (1er et 2^{e} cycles). Malgré ce nombre limité d'études, des chercheurs se sont intéressés à la conception d'interventions qui permettraient de développer cette habileté et d'ainsi améliorer le rendement des élèves en RPÉM (Fuchs *et al.*, 2004; Jitendra *et al.*, 1998; Quilici *et al.*, 1996, 2002). La prochaine section présente certaines de ces études.

3.5.1 Une habileté qui s'enseigne

Des chercheurs ont tenté de montrer que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pouvait se développer. Quilici et Mayer (2002) ont sollicité 144 étudiants universitaires afin qu'ils trient des problèmes de statistiques avant et après un cours de statistiques. Les résultats ont révélé que les étudiants étaient davantage portés à trier les problèmes selon leurs caractéristiques superficielles lors du pré-test, mais selon leur schéma de problèmes lors du post-test. Il semblerait donc que l'expérience d'un étudiant dans un domaine (p. ex. : la statistique) l'aiderait à identifier les problèmes qui partagent la même démarche de solution (schéma de problèmes). Il est important de mentionner que le cours de statistiques offert aux étudiants leur apprenait à reconnaître les similarités structurelles entre les problèmes et qu'en conséquence, l'amélioration notée ne peut pas être uniquement liée au fait que ces étudiants étaient simplement plus compétents dans le domaine de la statistique. Cette recherche demeure intéressante puisqu'elle en appuie une autre qui fut menée précédemment par Quilici et Mayer (1996) et qui suggérait qu'il était possible d'aider des étudiants universitaires à résoudre des problèmes similaires les uns aux autres sur la base de leurs caractéristiques mathématiques (schéma de problèmes) plutôt qu'à partir de leurs caractéristiques superficielles. Toutefois, les résultats de ces deux recherches sont difficilement généralisables à d'autres populations d'âges différents.

D'autres chercheurs ont tenté d'évaluer une méthode d'enseignement de schémas de problèmes nommé le *schema-based instruction* (SBI). Dans cette approche, on apprend entre autres aux élèves à différencier les problèmes en fonction de leur schéma de problèmes. Il s'agit également d'enseignements de certains schémas de problèmes. Il est important de mentionner que la plupart de ces enseignements impliquaient d'autres concepts en plus de la reconnaissance du schéma de problèmes. Néanmoins, il est approprié de porter un regard sur ce genre d'enseignement. Ainsi, les prochains paragraphes présenteront des études en lien avec le SBI.

Dans leur étude, Jitendra et ses collaborateurs (1998) ont enseigné en tutorat à 34 élèves en difficulté. Ces élèves étaient de différents niveaux scolaires, allant de la 2[e] à la 6[e] années, et provenaient de quatre écoles américaines. Les participants à cette recherche étaient séparés en deux groupes (expérimental et témoin). Dans cette étude, l'objectif était d'évaluer deux méthodes d'enseignement, soit le SBI (*schema-based instruction*) combiné avec l'usage de diagrammes. Tout d'abord, on enseignait aux élèves du groupe expérimental à classer des problèmes en fonction de leur schéma de problèmes. De plus, les enfants utilisaient un diagramme représentant le schéma du problème à résoudre pour s'aider à trouver la solution au problème. Les élèves du groupe témoin, quant à eux, recevaient un enseignement traditionnel en RPÉM. Les analyses de covariance (ANCOVA) ont montré une différence significative entre l'amélioration des élèves du groupe expérimental et celle du groupe témoin en RPÉM ($F(1,31) = 6,23$, $p = 0,02$). En effet, les chercheurs ont observé une amélioration de 26 % pour le groupe expérimental et de 16 % pour le groupe témoin entre les scores aux pré-tests et ceux aux post-tests. Ainsi, le SBI, combiné à l'usage de diagrammes, produirait un effet substantiel sur le rendement en RPÉM. Toutefois, les résultats ne permettent pas de séparer l'effet du SBI de celui de l'utilisation de diagrammes. En conséquence, les résultats ne peuvent pas démontrer qu'un enseignement basé sur les schémas de problèmes améliore le rendement en RPÉM. De plus, puisque ces enseignements s'adressaient à des élèves en difficulté, il est difficile de généraliser ces résultats à des élèves réguliers.

Dans le même type d'enseignement, l'étude de Fuchs et ses collaborateurs (2004) avait pour but d'évaluer les effets du SBI et d'enquêter sur l'utilisation de schémas comme un moyen pour développer des habiletés en RPÉM. Pour ce faire, 366 élèves provenant de 24 classes de 3[e] année du primaire du sud-est des États-Unis ont été divisés en trois groupes (témoin, SBI et SBI avec tâche de classement). Le groupe témoin, composé de 113 élèves, recevait une partie de l'enseignement général en mathématique tout comme les groupes SBI et SBI avec tâche de classement. Le groupe SBI était composé de 127 élèves et le groupe SBI avec tâche de classement était composé de 126 élèves. Ces deux derniers groupes obtenaient 26 leçons de plus sur des méthodes de RPÉM et d'utilisation de schémas que le groupe témoin. Les résultats des analyses de régression ont permis de documenter la contribution des schémas dans l'habileté à résoudre des problèmes. Bien que ce dernier résultat soit significatif, il est important de mentionner que l'enseignement prodigué était beaucoup plus complet que le développement de l'habileté à reconnaître de schémas de problèmes. Il s'agissait également d'intervenir sur le développement de méthode de résolution de problèmes, c'est-à-dire sur le schéma de problèmes et la structure superficielle des problèmes (mots-clés, questions, etc.). Cela étant dit, en portant un regard sur les différences entre les résultats obtenus par la SBI et par la SBI avec tâche de classement, on s'aperçoit que l'amélioration était semblable. Par contre, on ne peut conclure avec cette étude que cette variance est accordée par la seule reconnaissance de schémas de problèmes.

Certaines études ont donc tenté d'observer si une intervention sur l'habileté à reconnaître les schémas de problèmes améliorait le rendement des participants en RPÉM (Fuchs *et al.*, 2004; Jitendra *et al.*, 1998; Quilici *et al.*, 1996, 2002). Ces études ont relevé une amélioration significative du rendement en RPÉM. Cependant, puisque d'autres enseignements ont été joints à celui de la reconnaissance du schéma de problèmes, il est impossible de conclure que l'amélioration trouvée soit uniquement due au développement de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes. C'est pourquoi, la présente étude souhaitait éclaircir les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en RPÉM.

3.6 Les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes écrits de mathématique

Dans les sections précédentes, les concepts de compréhension et de schémas de problèmes ont été définis. Si l'on compare leur description, il est possible de constater qu'elles sont similaires. En effet, le schéma cognitif, tout comme le processus de compréhension, permet à l'individu de sélectionner l'information importante à l'intérieur d'un texte ou d'une situation (Richard, 1990, 1998). Dans les deux cas, il s'agit d'une construction de la représentation d'un problème. De plus, ces deux processus influencent les inférences sur les informations nécessaires pour résoudre un problème.

Ainsi, il est possible de croire que des interventions sur la reconnaissance du schéma de problèmes pourraient potentiellement faciliter la compréhension de problèmes et améliorer le rendement en RPÉM. Cependant, les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes sont peu connus. En effet, même si l'habileté à reconnaître les schémas de problèmes a été enseignée dans le but d'améliorer le rendement en RPÉM (Fuchs *et al.*, 2004; Jitendra *et al.*, 1998; Quilici *et al.*, 1996, 2002), aucune de ces études n'a tenté d'observer l'amélioration que la reconnaissance du schéma de problèmes pouvait engendrer par rapport à la compréhension de problèmes.

Comme il le fut mentionné plus haut, les études portant sur les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes sont peu nombreuses. L'une d'elle provient de Lucangeli, Tressoldi et Cendron (1998) qui ont conçu un modèle d'évaluation de différentes habiletés cognitives et métacognitives. Avec ce modèle, les chercheurs ont pu entre autres effectuer une corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes. Pour ce faire, Lucangeli et ses collaborateurs (1998) ont sollicité la participation de 366 élèves provenant de différentes écoles situées au nord de l'Italie (64 élèves de 3^{e} année, 78 élèves de 4^{e} année, 68 élèves de 5^{e} année, 67 élèves de 6^{e} année et 89 élèves de 7^{e} année). Ces derniers devaient remplir un questionnaire à choix de réponses en lien avec la RPÉM. Ce questionnaire évaluait la compréhension de problèmes, la représentation visuelle, la classification, la prédiction du résultat, le plan de solution, l'exécution du plan et l'évaluation par l'élève de sa procédure et des calculs effectués. Les problèmes utilisés provenaient de différentes branches des mathématiques (arithmétique, mesure, géométrie, etc.). Les chercheurs ont observé une corrélation positive entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes ($r = 0{,}69$, $p < 0{,}05$). Toutefois, puisque l'objectif principal des chercheurs était d'évaluer leur modèle d'évaluation d'habiletés cognitives et métacognitives, ces derniers n'ont tiré aucune conclusion sur ces corrélations. De plus, il est impossible de connaître les corrélations entre les différentes habiletés pour un niveau en particulier (p. ex. : 3^{e} année).

Une autre étude, celle de Cooney, Swanson et Brock (1993), avait pour objectif principal d'évaluer l'influence de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes sur le rendement en RPÉM. Cette étude fut effectuée auprès de 110 élèves de 3^{e} et 4^{e} années provenant d'écoles primaires situées au nord de Vancouver. Les élèves devaient entre autres classer des problèmes d'arithmétique en fonction de leur schéma de problèmes et ensuite les résoudre. Pour connaître la variance que pouvait apporter l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes sur le rendement en RPÉM, les chercheurs ont entré les différentes habiletés évaluées dans un modèle de régression (dont la compréhension, l'habileté en calcul et l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes). Les résultats sont intéressants puisqu'ils proposent l'existence de liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes. En effet, ils indiquent que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes n'apporte aucune variance au rendement en RPÉM lorsque la compréhension de problèmes est présente dans le modèle de régression. D'ailleurs, lorsque la compréhension de problèmes est entrée dans le modèle de régression, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes n'est même plus comptabilisée dans le modèle, ce qui indique que la variance qu'apporte l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes au rendement en RPÉM n'est pas significative. En d'autres mots, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes ferait simplement partie de la compréhension de problèmes. Toutefois, les chercheurs contestent leurs propres résultats puisque lorsqu'ils entrent l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes en premier dans le modèle de régression, celle-ci devient significative ($R^2 = 0{,}08$ $p < 0{,}01$). Les chercheurs soutiennent que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes apporterait une variance différente de celle apportée par la compréhension de problèmes au rendement en RPÉM, mais seulement lorsque des modifications sont apportées au modèle de régression. Plus de détails sur ces résultats seront donnés à la section 3.7.

À la lumière de ces résultats, il semble que la reconnaissance du schéma de problèmes pourrait être une façon d'enrichir la compréhension de problèmes puisque lorsqu'un élève possède les schémas appropriés à la situation, il est plus enclin à construire correctement la représentation de la situation et à comprendre le problème. Toutefois, les recherches sur le sujet ne permettent pas d'établir si la reconnaissance du schéma contribue à la compréhension et au rendement ou si elle fait partie intégrante de la compréhension. Une étude plus approfondie du sujet est nécessaire.

Dans le même ordre d'idées, certaines recherches ont voulu évaluer si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes était liée au rendement RPÉM, et ce, sans égard à la compréhension (Gliner, 1989; Hayes, 1981; Silver, 1979, 1981). Or, peu de ces études ont été effectuées auprès d'élèves du primaire. C'est dans le but de pallier cette lacune que la présente étude s'est donné comme objectif d'évaluer les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement RPÉM. Cet aspect sera examiné dans la prochaine section.

3.7 Les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en résolution de problèmes écrits de mathématique (RPÉM)

Précédemment, il a été montré que les élèves qui ont le plus de facilité à reconnaître le schéma de problèmes réussissent également mieux en RPÉM (Gliner, 1989; Lucangeli *et al.*, 1998; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993). Ainsi, il semble que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes soit liée au rendement en RPÉM.

D'ailleurs, dans l'étude de Lucangeli et ses collaborateurs, les chercheurs ont observé que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes était responsable d'une partie de la réussite d'un problème. En effet, Lucangeli et ses collaborateurs (1998) ont observé que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes était responsable de 8 % de la variance du rendement en RPÉM ($R^2 = 0{,}08$, $p < 0{,}05$), c'est-à-dire que 8 % de la réussite d'un problème pourrait être dus à l'habileté d'un élève à reconnaître le schéma de problèmes. Encore une fois, il est impossible de connaître la variance que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes apporte au rendement en RPÉM pour un niveau en particulier, la 3e année par exemple, car les résultats présentés sont ceux obtenus à tous les niveaux scolaires étudiés. Néanmoins, les chercheurs concluent que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes a été moins étudiée avec les enfants, même si son apport au rendement en RPÉM semble évident.

L'étude menée par Swanson et ses collaborateurs (1993), présentée à la section 3.6, a permis d'observer les relations entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉM. Tel qu'il le fut mentionné plus tôt, les chercheurs ont demandé à des élèves de 3e et de 4e année de trier des problèmes en fonction de leur schéma de problèmes. Par la suite, ces élèves devaient résoudre dix problèmes d'arithmétique, soit les mêmes que ceux triés auparavant. D'autres variables, telles que la compréhension de problèmes, ont également été prises en compte et testées préalablement à la résolution de ces dix problèmes. Les résultats de cette recherche montrent que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes serait responsable d'une partie de la réussite d'un problème, mais seulement lorsqu'elle est entrée en premier dans le modèle de régression ($R^2 = 0{,}08$ $p < 0{,}01$). En d'autres termes, cette habileté serait responsable de 8 % de la variance du rendement en RPÉM. Toutefois, pour obtenir ce résultat, les chercheurs doivent considérer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes comme l'élément principal du modèle de régression (c'est-à-dire qu'il est entré en premier dans ledit modèle). Ainsi, selon Swanson et ses collaborateurs (1993), cet apport serait rudimentaire par rapport à d'autres variables importantes comme la compréhension de problèmes et les connaissances des processus opératoires (habileté en calculs).

En résumé, il a été observé que les élèves qui ont un bon rendement en RPÉM sont également ceux qui sont en mesure de reconnaître le schéma de problèmes (Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Lucangeli *et al.*, 1998; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993). Certaines de ces recherches ont effectué des corrélations entre le rendement en RPÉM et l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes (Silver, 1979, 1981), tandis que d'autres ont simplement observé les classements de problèmes effectués par des élèves de différents niveaux (Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977). Parmi ces études, peu ont été effectuées au primaire. Par ailleurs, il semble que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes soit liée à la compréhension de problèmes. Des études ont observé ce lien à l'aide de corrélations et de modèles de régressions (Lucangeli *et al.*, 1998; Swanson *et al.*, 1993). Néanmoins, ces études sont peu nombreuses et elles offrent une possibilité limitée de généraliser leurs résultats. Ainsi, une étude supplémentaire est nécessaire afin d'évaluer plus précisément les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en RPÉM d'élèves du primaire.

3.8 Rappel de l'objectif principal et des questions de recherche de l'étude

Le présent chapitre a permis de voir que la compréhension de problèmes est un élément important dans la RPÉM et sur lequel il est possible d'intervenir afin d'aider un élève à mieux résoudre des problèmes mathématiques. Il a également été montré qu'une des façons d'agir sur la compréhension de problèmes serait de favoriser l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes. Ce dernier point a cependant été très peu étudié dans la littérature. D'autres études ont cependant observé des liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉM. Celles-ci soulèvent la question à savoir si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pourrait améliorer le rendement en RPÉM, et ce, de deux façons différentes. D'une part, en améliorant la compréhension de problèmes et, d'autre part, en favorisant directement le rendement en RPÉM. Pour ce faire, il sera nécessaire de vérifier si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes ne fait pas partie intégrante de la compréhension de problèmes.

Ainsi, la présente étude évaluera les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma, la compréhension et le rendement en RPÉA. Dans un premier temps, les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes seront évalués afin de comparer les résultats obtenus avec ce qui est déjà présent dans la littérature. Puis, les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes de même que les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA seront explorés. Enfin, la présente étude observera si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes peut être un prédicteur du rendement en RPÉA. Avant d'observer les résultats obtenus, le prochain chapitre présentera la méthodologie utilisée.

CHAPITRE 4
MÉTHODOLOGIE

Ce quatrième chapitre sera consacré à la méthodologie mise en place pour répondre aux questions de cette recherche. Tout d'abord, une brève description des participants sera présentée. Puis, toutes les informations reliées à l'instrument de mesure ainsi qu'au déroulement complet de la cueillette de données seront décrites. Ensuite, un classement des participants en fonction de certaines de leurs habiletés sera exposé, suivi du barème de correction qui a été établi pour l'instrument de mesure. Enfin, ce chapitre se terminera par la présentation du plan d'analyse de l'étude.

Il est important de rappeler que la présente étude s'intéresse plus particulièrement à une branche des mathématiques, soit l'arithmétique. Précédemment, les problèmes d'arithmétique de niveau primaire ont été décrits comme étant des problèmes où l'on doit effectuer une ou plusieurs opérations mathématiques (addition, soustraction, multiplication, division) sur les données du problème afin d'obtenir une solution. Le choix de s'inscrire dans cette branche des mathématiques s'est fait dans le but de pouvoir comparer les résultats de cette recherche avec ceux présents dans la littérature.

4.1 L'ÉCHANTILLON

L'échantillon se composait de 188 élèves provenant de quatre écoles de la Commission scolaire des Navigateurs située dans la région de Chaudière-Appalaches. Neuf enseignants de 3^{e} année du primaire ont accepté de participer au projet de recherche. Les élèves avaient tous de 8 à 9 ans. L'échantillon était constitué de 102 filles et de 86 garçons. Le choix de l'échantillon s'est arrêté sur des élèves de 3^{e} année parce que peu des études qui ont observé l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes l'ont fait au primaire. Or, l'un des buts de cette étude était d'évaluer cette habileté avec de plus jeunes enfants. La 3e année du primaire s'est donc avérée le degré scolaire le plus adéquat pour cette recherche, d'une part, parce que ces élèves ont un niveau de lecture suffisant pour résoudre des problèmes mathématiques présentés sous la forme écrite. D'autre part, pour des élèves de 3e année, les problèmes d'arithmétique restent des problèmes et non pas de simples exercices dont la procédure de résolution est connue d'avance. Ceci permet donc d'évaluer de façon appropriée la RPÉA d'élèves de 3e année et d'ainsi faire ressortir les différences entre les élèves. De plus, contrairement à de plus jeunes enfants, ces élèves possèdent déjà une certaine expérience avec ces types de problèmes, ce qui devrait les aider à reconnaître le schéma de problèmes plus facilement et ainsi favoriser une évaluation plus adéquate de cette habileté. Ces spécificités font donc de la 3e année un niveau scolaire convenable pour évaluer les trois variables à l'étude.

Pour recruter les participants, l'expérimentatrice a, dans un premier temps, rencontré la direction de chacune des écoles. Cette rencontre visait à exposer le but de l'étude afin d'obtenir leur autorisation pour solliciter la participation des enseignants de 3e année de leur école. Une feuille de présentation du projet de recherche expliquant les modalités de l'activité leur a été remise (voir annexe I). La sollicitation des enseignants de 3e année s'est ensuite effectuée de différentes façons, et ce, selon les préférences de la direction. La direction de deux des quatre écoles a choisi de présenter elle-même le projet de recherche à ses enseignants et a recontacté l'expérimentatrice par la suite afin de lui mentionner le nombre d'enseignants qui acceptaient de participer au projet. Une direction d'école a permis à l'expérimentatrice de solliciter directement la participation des enseignants. Enfin, la dernière école a demandé à l'orthopédagogue de recruter les enseignants désireux de participer. Tous les enseignants sollicités ont accepté de participer au projet de recherche.

Dans un deuxième temps, chacun des enseignants a reçu un formulaire de consentement destiné aux parents ou aux tuteurs des élèves. Ce formulaire a été approuvé par le comité d'éthique de l'Université du Québec à Rimouski en janvier 2009 (voir annexe

I et annexe II). Le formulaire de consentement devait être complété et rapporté par les élèves avant la cueillette de données. La participation au projet d'étude se faisait sur une base volontaire. Afin d'éviter les comparaisons ou les malaises entre les élèves, les enfants, dont les parents ou tuteurs qui n'avaient pas signé le formulaire de consentement, ont tout de même pu effectuer le travail demandé lors de l'activité en classe. Leurs copies ont par contre été exclues des analyses de cette recherche. Parmi les 222 élèves sollicités, 33 ont refusé de participer au projet. Un autre élève était absent lors du déroulement de l'activité.

4.2 INSTRUMENT DE MESURE

Afin de mesurer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension de problèmes et le rendement en RPÉA, un questionnaire en trois parties a été conçu. Avant de présenter chacune des parties du questionnaire, les caractéristiques des problèmes mathématiques utilisés seront détaillées.

4.2.1 Les problèmes mathématiques utilisés

Les problèmes mathématiques présentés aux élèves étaient des problèmes écrits d'arithmétique. Il s'agissait de problèmes additifs et multiplicatifs. Afin de bien évaluer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, il était impératif de construire des problèmes respectant les critères qui permettent de distinguer les différents schémas de problèmes, critères qui ont été présentés au troisième chapitre du présent mémoire. Ainsi, les problèmes se différenciaient de la manière suivante :

- par leur relation sémantique;
- par la ou les opération(s) mise(s) en jeu et l'ordre de ces dernières;
- par l'identité de l'élément inconnu.

Les problèmes d'arithmétique qui avaient en commun les trois critères présentés ci-dessus étaient considérés identiques au point de vue de leur schéma de problèmes. Les relations sémantiques utilisées sont celles identifiées par la classification des problèmes de Vergnaud (1982). Contrairement à Riley et ses collaborateurs (1983), Vergnaud (1982) n'a pas effectué une classification tenant compte des opérations mises en jeu et de l'identité de l'élément inconnu. Par contre, lorsque ces critères sont ajoutés au classement de Vergnaud (1982), chacune des nouvelles subdivisons illustre une nouvelle classe de problèmes qui ont le même schéma de problèmes. Ainsi, pour avoir une démarche cohérente avec la littérature, et puisque des problèmes additifs et multiplicatifs ont été employés, la classification des problèmes de Vergnaud (1982) était la plus pertinente à utiliser.

Les problèmes d'arithmétique utilisés ne se différenciaient pas d'autres façons. Pour tous les problèmes utilisés, le thème était familier, le contexte, réaliste, la grandeur des nombres, identique, et les énoncés contenaient le même nombre de phrases et étaient de longueur équivalente.

En plus de respecter les caractéristiques mentionnées précédemment, les problèmes d'arithmétique présentés étaient diversifiés. Par exemple, des situations de comparaisons additives et multiplicatives ont été préparées. Ce type de problèmes est pertinent parce que les élèves de 3^{e} année sont encore en train de faire le passage de l'addition à la multiplication. Ainsi, les termes « de plus », « de moins », « fois plus » et « fois moins » apportent un niveau de difficulté approprié, étant donnée la complexité que ces termes apportent. Des problèmes où l'élément inconnu de la situation se situait au début (p. ex. : l'on recherche la quantité initiale d'une situation) ont également été présentés. Ces problèmes sont adaptés à des élèves de 3^{e} année puisque l'analyse de problèmes effectuée par Riley et ses collaborateurs (1983) a montré que les problèmes additifs posant davantage de difficulté étaient ceux de transformation où l'état initial est inconnue. De plus, des situations de partage ont également été soumises parce que le niveau de difficulté de ce type de problèmes est adapté aux élèves du 2^{e} cycle du primaire.

Enfin, pour l'évaluation du rendement en RPÉA, certains problèmes ont également été construits afin d'obtenir des situations où l'on devait effectuer plus d'une opération mathématique. Toutefois, même si on ne trouve pas d'études exhaustives sur l'analyse de problèmes qui requièrent plusieurs opérations, on sait que les bons solutionneurs ayant une bonne expérience en RPÉA ont plus de facilité à résoudre des problèmes avec opérations multiples (*multi-step problem*) (Marshall *et al.*, 1987). Deux des problèmes avec opérations multiples qui ont été soumis aux élèves ont été tirés de la banque d'instruments de mesure (BIM) de la Société de gestion du réseau informatique des commissions scolaires (GRICS).

La diversité des problèmes d'arithmétique utilisés dans l'instrument de mesure devait permettre d'évaluer adéquatement les trois variables à l'étude. Les différents types de problèmes retenus ont été répartis de façon égale dans chacune des parties du questionnaire. Au final, chacune des parties comprenait six items. Des exemples de problèmes seront présentés dans la prochaine section.

4.2.2 Les parties du questionnaire

Tel qu'il le fut mentionné plus haut, le questionnaire utilisé dans la présente recherche comprenait trois parties. Chacune des parties avait pour objectif de mesurer l'une des trois variables à l'étude. Les prochaines sections présenteront les versions finales des parties du questionnaire.

4.2.2.1 Partie 1 du questionnaire

La première partie du questionnaire portait sur l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes. Sa conception s'est appuyée en partie sur le modèle partitionné de Lucangeli et ses collaborateurs (1998), dont une section évalue l'habileté à associer des problèmes qui ont le même schéma de problèmes les uns aux autres. Considérant le temps alloué pour l'exécution de la tâche et le caractère novateur de ce moyen d'évaluation, ce modèle était le plus adéquat pour cette recherche. De plus, il était pertinent de reprendre ce processus en vue de comparer les résultats de l'étude avec ceux de Lucangeli et ses collaborateurs (1998), car aucune autre recherche n'a utilisé cette façon de procéder. Pour chacun des six problèmes présentés, l'élève devait lire un problème initial situé dans le haut de la page (p. ex. : « *À l'intérieur d'un restaurant, il y a des hommes et des femmes. Il y a 24 hommes et il y a 3 fois plus de femmes que d'hommes. Combien de femmes sont à l'intérieur du restaurant ?* »). Ensuite, l'élève devait choisir parmi quatre autres problèmes celui qui avait le même schéma de problèmes que celui du problème initial (dans le haut de la page). Ainsi, l'élève devait, par exemple, encercler la lettre appropriée parmi les quatre choix suivants :

a) Anne possède 36 billes. Marc a 4 billes. Combien de billes ont-ils au total ?
b) Anne a 36 billes. Marc en a 4 fois moins qu'elle. Combien de billes Marc a-t-il ?
c) Anne a 36 billes. Marc en a 4 fois plus qu'elle. Combien de billes Marc a-t-il ?
d) Anne a 36 billes. Marc lui en offre 4. Combien de billes a-t-elle maintenant ?

L'exemple ci-dessus est le premier item de la partie 1 du questionnaire. Les six items utilisés se trouvent en annexe III.

La formulation utilisée dans la consigne écrite était semblable à celle de l'étude de Morales et ses collaborateurs (1985). La consigne a été rédigée de façon à ne pas guider les élèves dans une direction ou dans une autre. Par exemple, il est possible de penser que l'utilisation du mot « opération » aurait pu conduire les participants à résoudre les problèmes pour ensuite associer ceux qui utilisaient les mêmes opérations. Ainsi, la consigne écrite demandait de choisir parmi les quatre problèmes celui qui lui ressemblait le plus mathématiquement. De plus, des consignes orales ont été nécessaires. Les détails sur ces consignes orales seront donnés dans la section 4.3.

4.2.2.2 Partie 2 du questionnaire

La deuxième partie du questionnaire avait pour objectif d'évaluer le rendement de l'élève en RPÉA. L'élève devait résoudre six problèmes d'arithmétique tout en laissant les traces de sa démarche. Par exemple, l'élève devait trouver une solution au problème suivant : « *Dans son armoire, Olivier a 5 casse-têtes différents. Chaque casse-tête contient 107 pièces. Combien y a-t-il de pièces de casse-têtes au total dans l'armoire d'Olivier ?* ». Il est à noter que deux des six problèmes (les problèmes 4 et 5) ont été puisés dans la BIM créée par la société GRICS. Ces deux problèmes étaient appropriés puisque leur résolution exigeait deux opérations d'arithmétique. Les quatre autres problèmes ont été conçus par l'expérimentatrice.

L'exemple présenté au paragraphe précédent est le premier item de la partie 2 du questionnaire. Les six problèmes d'arithmétique de la partie 2 sont illustrés en annexe IV).

4.2.2.3 Partie 3 du questionnaire

La dernière partie du questionnaire concernait l'évaluation de la compréhension de problèmes. Tout comme la première partie du questionnaire, sa conception s'est appuyée sur le modèle partitionné de Lucangeli et ses collaborateurs (1998) qui avaient également mesuré la compréhension de problèmes. Après avoir lu l'énoncé d'un problème, (p. ex. : « *François collectionne les cartes de joueurs de hockey. Il a 131 cartes dans sa collection. Mathieu en a 56 de plus que François. Combien Mathieu possède-t-il de cartes de joueurs de hockey dans sa propre collection ?* »), l'élève devait choisir parmi quatre phrases celle qui définissait le mieux la situation présentée. Par exemple :

a) François possède moins de cartes de hockey que Mathieu.
b) Mathieu a 131 cartes dans sa collection.
c) François possède plus de cartes de hockey que Mathieu.
d) Mathieu a 56 cartes dans sa collection.

L'exemple présenté ci-dessus est le premier item de la partie 3 du questionnaire. Les six items de la partie 3 se trouvent en annexe V.

À partir de maintenant, lorsque l'expression « partie 3 » sera utilisée, ce sera pour faire référence à cette partie du questionnaire, soit celle portant sur l'évaluation de la compréhension de problèmes.

Pour chacune des parties du questionnaire, le niveau de difficulté a été calibré à l'aide de pré-expérimentations. Chacune des parties comprenait deux items considérés faciles, deux items considérés moyens et deux items considérés difficiles. Une fois le questionnaire développé, l'étape suivante consistait en la prise de mesure. Ainsi, la section suivante portera sur le déroulement des pré-expérimentations et de la cueillette des données.

4.3 Déroulement de la prise de mesure

La conception du questionnaire s'est effectuée à la suite de trois pré-expérimentations et de deux rencontres individuelles avec des élèves de 3e année. Ces démarches ont permis de perfectionner l'outil d'évaluation afin d'en obtenir une version satisfaisante. Puisque l'activité reliée à l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes n'est pas familière pour des élèves du primaire, quelques modifications ont été nécessaires pour s'assurer de la compréhension de la tâche par les élèves. Les prochaines sections présenteront donc le déroulement des différentes rencontres et pré-expérimentations ainsi que la cueillette de données.

4.3.1 Les pré-expérimentations et les rencontres individuelles

4.3.1.1 Première rencontre individuelle

Tout d'abord, trois élèves de 3^e année ne participant pas à la recherche ont rempli le questionnaire au début du mois de mars 2009. L'objectif de cette démarche était d'avoir une idée du temps nécessaire pour effectuer la tâche demandée, de voir si certains mots étaient incompris par les élèves et si les consignes orales et écrites étaient claires. Puisque ces élèves étaient de niveaux différents au point de vue scolaire (un élève faible, un élève moyen et un élève fort), le temps pris pour effectuer l'activité donnait un bon aperçu de ce qui pouvait se produire en classe. Le temps nécessaire au travail demandé n'excédant jamais 45 minutes et aucune incompréhension n'ayant été signalée, la tâche pouvait dès lors être effectuée par les élèves d'une classe pré-expérimentale.

4.3.1.2 Première pré-expérimentation

La première pré-expérimentation a été effectuée à la mi-mars 2009 dans une classe ne collaborant pas à la recherche, mais qui se situait dans la même commission scolaire que les classes participant à l'étude. Avant le début de l'activité, des consignes orales ont été données pour la partie 1 du questionnaire. Tout d'abord, il a été demandé aux élèves de choisir parmi quatre problèmes celui qui se résolvait de la même manière que le problème présenté dans le haut de la page. Ensuite, les élèves recevaient pour consigne de placer leur copie à l'envers sur le coin de leur bureau et de lever la main une fois la partie 1 terminée. On leur remettait alors la partie 2. La partie 3 leur était remise lorsque la précédente était finalisée. Les élèves n'avaient pas l'autorisation de revenir sur les parties complétées de façon à éviter qu'ils reconnaissent les schémas de problèmes proposés dans chacune des parties et qu'ils améliorent ainsi leurs scores.

Tous les élèves ont eu le temps de compléter le questionnaire dans le délai prévu. Toutefois, certaines difficultés ont été rencontrées durant l'exploration des réponses des élèves lors des analyses préliminaires. Ces dernières ont fait ressortir deux problèmes importants qui ont dû être éliminés. Le premier problème rencontré concernait la partie 1. Ce genre d'activité n'est pas utilisée en classe, ce qui pourrait avoir déstabilisé les élèves. En effet, il semble que les élèves ne comprenaient pas la tâche à effectuer puisque l'analyse de fidélité (alpha de Cronbach) et la répartition des scores aux items ont montré que ces derniers ne se comportaient pas d'une façon adéquate. Par exemple, dans cette partie du questionnaire, deux items étaient semblables de par leur thème et leur niveau de difficulté. Normalement, ces deux items auraient dû obtenir des scores similaires. Cependant, il a été possible de constater qu'un élève faible pour l'un de ces deux items ne l'était pas nécessairement pour l'autre, c'est-à-dire que les résultats obtenus aux items de cette partie du questionnaire n'étaient pas cohérents entre eux. Le second problème touchait certains problèmes d'arithmétique présentés qui étaient trop faciles pour des élèves de 3^{e} année, en ce sens qu'ils ont été réussis par l'ensemble de la classe.

4.3.1.3 Deuxième rencontre individuelle

Pour remédier à la situation susmentionnée, trois versions tests de la partie 1 ont été élaborées. Trois élèves de la classe pré-expérimentale (un élève fort, un élève moyen et un élève faible) ont été rencontrés individuellement deux semaines après la pré-expérimentation afin de leur présenter les différentes versions. Pendant la rencontre, l'élève devait lire les consignes et réaliser la tâche demandée pour chacune des trois versions de la partie 1 du questionnaire. Ensuite, on lui demandait de choisir parmi ces trois versions celle qui lui semblait la plus simple à comprendre et à exécuter de même que celle qui lui semblait la plus difficile. Une seule version a été conservée en fonction des commentaires des trois élèves. C'est cette version qui a été utilisée lors de la deuxième pré-expérimentation avec un autre groupe.

4.3.1.4 Deuxième pré-expérimentation

Une fois les modifications apportées au questionnaire, une deuxième pré-expérimentation a été effectuée dans une autre classe ne participant pas à la recherche, mais qui se situait toujours dans la même commission scolaire. Cette pré-expérimentation s'est déroulée au milieu du mois d'avril 2009. Considérant que la nouvelle version de la partie 1 du questionnaire était plus claire et explicite, aucune consigne orale n'a été donnée pour cette partie. Outre cette modification, les consignes restaient les mêmes que celles utilisées lors de la première pré-expérimentation. Toutefois, plusieurs élèves ont questionné l'expérimentatrice au sujet de la consigne écrite de la partie 1. Ainsi, une consigne orale a dû être donnée à propos de cette partie à l'ensemble du groupe, soit la même que celle utilisée lors de la première pré-expérimentation.

Cette fois-ci, la répartition des scores aux items obtenus au questionnaire a montré que tous les problèmes d'arithmétique étaient d'un niveau de difficulté adéquat et l'indice de fidélité (alpha de Cronbach) a indiqué que tous les items du questionnaire étaient cohérents entre eux (plus d'explications sur l'alpha de Cronbach sont données à la section 5.1.3). Puisque les consignes de cette partie ont été données au milieu de l'activité, une troisième pré-expérimentation a été effectuée.

4.3.1.5 Troisième pré-expérimentation

Cette troisième pré-expérimentation a également été réalisée dans une classe ne collaborant pas à la recherche, mais se situant dans la même commission scolaire que les classes participantes. Les consignes données étaient les mêmes que celles utilisées lors de la première pré-expérimentation. Encore une fois, l'indice de fidélité (alpha de Cronbach) a montré que tous les items du questionnaire étaient cohérents entre eux. Par contre, en analysant la répartition des scores aux items obtenus au questionnaire, deux items de la partie 1 se sont avérés trop faciles pour des élèves de 3^{e} année. Deux des six items ont donc été remplacés pour rendre la tâche plus difficile et adaptée aux élèves. Une fois ces modifications effectuées, le questionnaire était prêt à être utilisé pour la cueillette des données.

4.3.2 La cueillette de données

La cueillette de données s'est déroulée sur une période de deux semaines, au début du mois de mai 2009. Un plan de tout ce que l'expérimentatrice devait mentionner aux classes a été élaboré et respecté. Tous les élèves ont reçu les mêmes instructions. Des consignes orales ont été données pour la partie 1. Celles-ci étaient données par l'expérimentatrice qui lisait les consignes de la partie 1 puis ajoutait une précision sur cette dernière, c'est-à-dire qu'elle demandait aux élèves de choisir parmi les quatre problèmes celui qui se résolvait de la même manière que le problème présenté dans le haut de la page. Le déroulement de la séance s'effectuait de la même façon que dans les pré-expérimentations. Les élèves recevaient la partie 1 du questionnaire, la complétaient et étaient invités à réviser leurs réponses. Lorsqu'un élève terminait une partie du questionnaire, ce dernier plaçait sa copie à l'envers sur le coin de son bureau et levait la main. Par la suite, on lui remettait la partie suivante. Les élèves n'avaient pas l'autorisation de revenir sur les parties complétées, et ce, pour éviter qu'ils établissent des liens entre les problèmes des différentes parties.

Parmi les 188 participants, sept élèves n'ont pas eu le temps de compléter la totalité du questionnaire. Les données des parties complétées ont quand même été utilisées, mais celles des parties incomplètes n'ont pas été comptabilisées. Chaque séance d'évaluation était d'une durée de 60 minutes, ce qui comprenait la présentation du projet, les explications concernant le questionnaire, la passation de ce dernier, la cueillette des documents et les remerciements d'usage.

4.4 Classement des participants selon leur niveau d'habileté en compréhension de lecture et en mathématique

Lors du déroulement de l'activité, l'enseignant recevait un formulaire lui permettant de classer ses élèves en fonction de leur niveau d'habileté en compréhension de lecture et en mathématique. L'enseignant était invité à donner une cote à chacun de ses élèves en fonction de l'ensemble des résultats scolaires obtenus pendant l'année. Trois cotes pouvaient être attribuées : faible, moyen ou fort. Un exemple de ce formulaire se retrouve en annexe VI.

Les informations recueillies, basées sur le jugement de l'enseignant, ont permis d'apporter des indications sur le niveau d'habileté des participants. Dans la section des résultats, ces informations permettront de comparer les résultats obtenus à l'aide de l'instrument de mesure élaboré dans le cadre de la présente étude avec ceux de l'enseignant. Il est à noter que cette approche a déjà été utilisée par d'autres auteurs (Moreau et Coquin-Viennot, 2003; Sovik, Frostrad et Heggberget, 1999).

4.5 Barèmes de correction des réponses des élèves

Le questionnaire était divisé en trois parties distinctes. La partie 1 et la partie 3 comprenaient six items chacune. Pour ces deux parties, l'élève devait entourer la lettre correspondant à son choix de réponse. La correction de ces deux parties du questionnaire a été exécutée à l'aide d'une échelle dichotomique où l'on attribuait 0 pour une mauvaise réponse et 1 pour une bonne réponse. Chaque participant obtenait un score sur six pour chacune de ces deux parties.

La partie 2 du questionnaire était composée de six problèmes d'arithmétique à résoudre. La résolution de chacun des problèmes était notée sur une échelle polytomique 0-1-2. Puisque cette partie du questionnaire ne cherchait pas à mesurer uniquement l'habileté en calcul, la correction de cette partie s'effectuait de la façon suivante :

2 : Bonne réponse, bonne démarche de résolution;

1 : Mauvaise réponse, bonne démarche de résolution;

0 : Mauvaise réponse, mauvaise démarche de résolution.

4.6 PLAN D'ANALYSE

Pour répondre à la question de recherche générale, un plan d'analyse a été conçu. Ce dernier était divisé en quatre sections relatives à la question préliminaire et aux questions spécifiques de recherche.

Tout d'abord, afin de comparer cette étude avec ce qui est déjà présent dans la littérature, une question préliminaire a été proposée : quelle est la corrélation entre la compréhension et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ? Pour y répondre, il a fallu utiliser le score en compréhension de problèmes (variable indépendante) et le rendement en RPÉA (variable dépendante). Une corrélation de Pearson entre ces deux variables a été effectuée à l'aide des scores moyens obtenus par les participants aux parties 2 et 3 du questionnaire. Pour plus de précision, une régression linéaire a été ajoutée et appliquée entre ces deux variables afin d'observer le potentiel de prédiction du rendement en RPÉA par la compréhension de problèmes et ainsi comparer les résultats obtenus avec ce qui est établi dans la littérature.

Les prochaines sections de l'analyse auront pour objectif d'étudier les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma, la compréhension et le rendement en RPÉA. Pour répondre à cet objectif, trois questions ont été posées. Voici le plan d'analyse pour chacune d'elles :

Quelle est la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ?

La réponse à cette question a été obtenue à l'aide d'une corrélation de Pearson entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes (variable indépendante) et le rendement en RPÉA (variable dépendante). Les scores moyens obtenus par les participants aux parties 1 et 2 ont été utilisés pour cette analyse.

Y a-t-il une corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes écrits d'arithmétique ?

Pour répondre à cette question, une corrélation de Pearson a été faite entre les variables de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes (variable indépendante) et le score en compréhension de problèmes (variable dépendante). Les scores moyens obtenus par les participants aux parties 1 et 3 ont été utilisés pour cette analyse.

Est-ce que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes est un prédicteur du rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ?

Cette dernière question fait intervenir deux variables indépendantes, soit l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le score en compréhension de problèmes. Dans un premier temps, ces deux variables ont été entrées dans une équation de régression linéaire afin d'observer si elles pouvaient prédire la variable dépendante, soit le rendement en RPÉA. Ensuite, seule la variable de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes a été entrée comme variable indépendante dans une autre équation de régression linéaire dans le but d'évaluer si elle pouvait prédire une partie de la variabilité du rendement RPÉA. De plus, des corrélations partielles ont été appliquées afin de contrôler l'effet de la compréhension de problèmes sur la corrélation entre les deux autres variables.

En bref, ce chapitre a fait état de toute la méthodologie mise en place pour obtenir les données quantitatives nécessaires à cette étude. Ces dernières serviront à répondre aux questions de recherche de la présente étude. Ainsi, l'objectif du prochain chapitre sera d'exposer les résultats obtenus en suivant le plan d'analyse qui vient d'être présenté.

CHAPITRE 5
RÉSULTATS

Dans ce cinquième chapitre, les résultats des diverses analyses conduites seront présentés afin de répondre aux questions de recherche formulées précédemment. Avant de ce faire, des analyses sommaires concernant la valeur psychométrique de l'instrument de mesure seront exposées afin de vérifier l'efficacité de l'outil d'évaluation utilisé. Ensuite, des corrélations entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension de problèmes et le rendement en RPÉA seront effectuées dans le but d'observer les liens qui unissent ces variables. Enfin, le potentiel de prédiction du rendement en RPÉA par l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes sera étudié afin d'évaluer si cette dernière pourrait jouer un rôle sur le rendement d'élèves de 3^{e} année en RPÉA.

Il est à noter que toutes les analyses de cette recherche ont été menées à l'aide du logiciel SPSS 16.0 et que pour chacune d'elles, les conditions d'application des tests statistiques utilisés ont été vérifiées pour s'assurer de la robustesse des tests.

5.1 VÉRIFICATION SOMMAIRE DE LA VALEUR PSYCHOMÉTRIQUE DE L'INSTRUMENT DE MESURE

Afin de s'assurer que les résultats de la présente étude sont valables, plusieurs analyses ont été effectuées. Dans un premier temps, des analyses de variance ont été conduites sur les scores moyens obtenus par chacune des écoles et par chacune des classes pour vérifier que la classe ou l'établissement scolaire fréquentés par l'élève n'influençaient pas ses résultats. Dans un deuxième temps, la consistance interne des trois parties du questionnaire a été évaluée afin d'attester que chaque item était équivalent aux autres (p. ex. : même variance, même difficulté). Finalement, des corrélations entre les scores moyens obtenus aux différentes parties du questionnaire et le jugement de l'enseignant vis-à-vis des habiletés en compréhension de lecture et en mathématique de ses élèves ont été effectuées. Les résultats de chacune de ces analyses seront présentés dans les prochaines sections.

5.1.1 Différences de moyennes entre les établissements scolaires

Des analyses de variance (ANOVA) ont été menées pour observer les différences de moyennes obtenues au questionnaire entre les divers établissements scolaires afin de vérifier que cette variable n'influençait pas les résultats de la recherche. Pour ce faire, des ANOVA avec les scores moyens des quatre écoles participant à la recherche ont été effectuées. Les résultats ne révèlent pas de différence significative entre les écoles quant à leur score moyen obtenu à la partie 1 ($F(3, 180) = 0{,}877$, $p > 0{,}05$), à la partie 2 ($F(3, 183) = 1{,}413$, $p > 0{,}05$) et à la partie 3 du questionnaire ($F(3, 173) = 0{,}123$, $p > 0{,}05$). Les tableaux 4, 5 et 6 présentent les scores moyens obtenus aux trois sections du questionnaire en fonction des différents établissements scolaires.

Tableau 4 : Scores moyens obtenus pour la partie 1 du questionnaire en fonction de l'établissement scolaire

	N	Moyenne	Écart-Type
École 1	79	4,01	1,50
École 2	42	3,74	1,68
École 3	37	4,30	1,63
École 4	26	4,08	1,29

Tableau 5 : Scores moyens obtenus pour la partie 2 du questionnaire en fonction de l'établissement scolaire

	N	Moyenne	Écart-Type
École 1	81	7,58	3,24
École 2	42	7,17	3,25
École 3	37	7,11	2,99
École 4	27	8,56	2,52

Tableau 6 : Scores moyens obtenus pour la partie 3 du questionnaire en fonction de l'établissement scolaire

	N	Moyenne	Écart-Type
École 1	77	4,04	1,46
École 2	41	3,93	1,63
École 3	34	3,85	1,76
École 4	25	3,96	1,49

À la lumière de ces résultats, aucune différence entre les écoles n'a été relevée. En effet, en comparant les scores moyens des quatre écoles, il est possible de constater que les moyennes des scores pour chacune des variables évaluées sont relativement les mêmes pour toutes les écoles, et ce, plus particulièrement pour la partie 1 et la partie 3 du questionnaire (tableau 4 et tableau 6). Cependant, il est possible de noter une différence un peu plus grande entre les moyennes obtenues dans la partie 2 (les moyennes des écoles 3 et 4 présentent une différence de 1,45 point sur 12 points). Cet écart aurait pu faire une différence importante. Toutefois, les écarts-types de ces deux écoles étant relativement grands, l'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative. En conséquence, aucun effet produit n'est décelé par l'école fréquentée.

5.1.2 Différences de moyennes entre les classes

D'autres ANOVA ont été réalisées afin d'étudier les différences de moyennes entre les neuf classes participant au projet et d'ainsi vérifier que cette variable n'influençait pas les résultats des élèves. Pour ce faire, des ANOVA ont été exécutées sur les scores moyens. Ces analyses ne révèlent pas de différence significative entre les classes quant à leur score moyen obtenu à la partie 1 ($F(8, 175) = 0{,}928$, $p > 0{,}05$), à la partie 2 ($F(8, 178) = 1{,}606$, $p > 0{,}05$) et à la partie 3 du questionnaire ($F(8, 168) = 0{,}698$, $p > 0{,}05$). Les tableaux 7, 8 et 9 présentent les scores moyens obtenus aux trois sections du questionnaire en fonction des différentes classes.

Tableau 7 : Scores moyens obtenus pour la partie 1 du questionnaire en fonction de la classe

	N	Moyenne	Écart-Type
Classe 1	18	4,28	1,41
Classe 2	21	3,52	1,72
Classe 3	24	3,92	1,44
Classe 4	16	4,50	1,26
Classe 5	18	3,89	1,53
Classe 6	24	3,63	1,81
Classe 7	20	4,20	1,70
Classe 8	17	4,41	1,58
Classe 9	26	4,08	1,29

Tableau 8 : Scores moyens obtenus pour la partie 2 du questionnaire en fonction de la classe

	N	Moyenne	Écart-Type
Classe 1	20	8,55	2,80
Classe 2	21	7,38	3,43
Classe 3	24	8,13	3,20
Classe 4	16	5,81	3,01
Classe 5	19	6,95	3,32
Classe 6	23	7,35	3,24
Classe 7	20	6,90	3,28
Classe 8	17	7,35	2,69
Classe 9	27	8,56	2,52

Tableau 9 : Scores moyens obtenus pour la partie 3 du questionnaire en fonction de la classe

	N	Moyenne	Écart-Type
Classe 1	20	4,30	1,59
Classe 2	21	3,95	1,24
Classe 3	22	3,77	1,48
Classe 4	15	4,21	1,63
Classe 5	19	3,63	1,64
Classe 6	22	4,18	1,62
Classe 7	19	3,47	1,84
Classe 8	15	4,33	1,59
Classe 9	25	3,96	1,49

En regard de ces résultats, aucun effet produit n'est décelé par rapport à la classe fréquentée. En comparant les scores moyens obtenus au questionnaire par les neuf classes, il est possible de remarquer que les moyennes des scores pour chacune des variables évaluées sont relativement toutes les mêmes. Les parties 1 et 3 du questionnaire présentent des différences de moyennes plus petites que la partie 2 du questionnaire, quoique ces écarts sont plus grands que lorsque les scores moyens sont comparés en fonction des établissements scolaires. Quant à la partie 2 du questionnaire, il est possible de constater une différence plus grande entre les moyennes obtenues par les classes 4 et 9 (qui présentent une différence de 2,75 points sur 12 points). Ces écarts auraient pu faire une différence importante. Cependant, étant donné les écarts-types relativement grands calculés pour chacune de ces classes, aucune différence significative n'a été révélée par l'analyse de variance.

5.1.3 La consistance interne de l'instrument de mesure

L'indice de consistance interne (alpha de Cronbach) a été calculé pour chacune des trois parties du questionnaire afin de vérifier l'homogénéité des items de l'instrument de mesure. L'objectif de cette démarche était de s'assurer que les items de chacune des parties du questionnaire évaluaient les variables à l'étude de manière semblable et que les participants avaient répondu de la même façon aux items, c'est-à-dire qu'ils n'avaient pas répondu aux questions de façon aléatoire. Le tableau 10 présente les coefficients obtenus.

Tableau 10 : Coefficients alpha pour les trois parties du questionnaire

Partie du questionnaire	**Coefficient alpha (α)**
Partie 1	0,58
Partie 2	0,62
Partie 3	0,58

Considérant les nombreuses pré-expérimentations qui avaient pour objectif l'obtention d'une bonne consistance interne pour chacune des parties du questionnaire, considérant également le nombre de participants à l'étude ainsi que le caractère social et exploratoire de cette recherche, les coefficients alpha obtenus nous apparaissent très convenables.

5.1.4 Corrélations entre le score moyen obtenu et le jugement de l'enseignant

Lors de la visite de l'expérimentatrice dans chacune des classes participant au projet de recherche, l'enseignant devait remplir une grille de classement des élèves en compréhension de lecture et en mathématique (voir annexe VI). À l'aide de ces informations, une corrélation a été effectuée entre le classement des élèves en compréhension de lecture fourni par l'enseignant et les scores moyens obtenus à la partie 3 du questionnaire. Cette analyse avait pour objectif d'évaluer si le classement produit par l'enseignant était similaire à celui mesuré par l'instrument de mesure. La corrélation de Pearson effectuée dévoile que le classement de l'élève tel qu'il a été fourni par l'enseignant et le score moyen obtenu par l'élève à la partie 3 du questionnaire sont corrélés de façon élevée ($r = 0,547, p < 0,05$) si l'on considère les critères d'interprétation des corrélations généralement utilisés en sciences sociales (Cohen, 1988). Par conséquent, les résultats indiquent que plus la cote attribuée par l'enseignant à l'élève est élevée, plus l'élève obtiendrait un résultat élevé à la partie 3 du questionnaire. Ainsi, l'instrument de mesure de la présente étude évalue la compréhension de problèmes à peu près de la même manière que l'enseignant évalue ses élèves.

Une seconde corrélation de Pearson a été établie entre les scores moyens obtenus à la partie 2 du questionnaire et le classement des élèves en mathématique fourni par l'enseignant. Les résultats révèlent que ces scores sont corrélés de façon relativement élevée ($r = 0{,}624$, $p < 0{,}05$). Conséquemment, les résultats indiquent que plus la cote attribuée par l'enseignant à l'élève est élevée, plus l'élève obtiendrait un résultat élevé à la partie 2 du questionnaire, ce qui porte à croire que l'instrument de mesure évalue la variable du rendement en RPÉM à peu près de la même façon que l'enseignant.

Les résultats de ces deux corrélations permettent de constater que l'instrument de mesure utilisé dans cette recherche évalue les élèves à peu près de la même manière que le fait l'enseignant. En conséquence, il est plausible de penser que l'instrument de mesure évalue correctement ces deux variables. Évidemment, puisque l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes n'est pas une activité enseignée en classe, il était impossible de faire évaluer celle-ci par l'enseignant. Néanmoins, les pré-expérimentations ont permis de s'assurer de la fidélité de cette partie du questionnaire.

L'analyse sommaire de la valeur psychométrique de l'instrument ne permet donc pas de déceler d'éléments qui nuiraient à la validité et à la fidélité de l'instrument de mesure utilisé. Ainsi, la prochaine section présentera les résultats obtenus par rapport à la question préliminaire et aux questions spécifiques de cette étude.

5.2 RÉSULTATS RELATIFS AUX QUESTIONS DE RECHERCHE

La présente section aura pour objectif d'explorer les liens entre les trois variables à l'étude à l'aide des données recueillies. Elle se divisera en trois parties. La première partie évaluera les liens entre le score obtenu en compréhension de problèmes et le rendement en RPÉA (question préliminaire). Puis, la partie suivante explorera la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le score obtenu en compréhension de problèmes. Cette partie évaluera également la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA. Enfin, la dernière partie portera sur l'aspect prédicteur que peut avoir l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes sur le rendement en RPÉA.

5.2.1 Résultats relatifs à la compréhension et au rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique

La question préliminaire de la présente étude était la suivante : « Quelle est la corrélation entre la compréhension et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ? ». Une corrélation de Pearson entre le score moyen obtenu à la partie 3 du questionnaire et celui obtenu à la partie 2 du questionnaire a été effectuée. Avant d'analyser les résultats, voici les tableaux 11 et 12 qui présentent respectivement les scores moyens obtenus par les participants pour ces deux variables ainsi que la corrélation obtenue.

Tableau 11 : Scores moyens obtenus pour la partie 2 et la partie 3 du questionnaire

	N	Moyenne	Écart-Type
Partie 2	177	3,97	1,56
Partie 3	177	3,97	1,56

Tableau 12 : Corrélation entre la partie 2 et la partie 3 du questionnaire

		Partie 2
	Corrélation	0,418**
Partie 3	Sig.	0,00
	N	177

**p < 0,001

Le tableau 12 révèle qu'il existe une corrélation positive entre le score en compréhension de problèmes et le rendement en RPÉA. En effet, ces résultats montrent qu'un lien moyen existe entre ces deux variables (r = 0,418, p < 0,001).

De plus, une analyse de régression linéaire a également été effectuée, laquelle avait pour variable dépendante le rendement en RPÉA et pour variable indépendante le score en compréhension de problèmes. Les tableaux 13 et 14 présentent respectivement le sommaire du modèle de prédiction utilisé et la valeur des coefficients du modèle de régression.

Tableau 13 : Sommaire du modèle de prédiction de la partie 2 du questionnaire par la partie 3 du questionnaire

Variables du modèle	**R**	**R^2**	**R^2 ajusté**
Partie 2 du questionnaire	0,418**	0,175**	0,170**

**p < 0,001

Tableau 14 : Coefficients du modèle de prédiction de la partie 2 du questionnaire par la partie 3 du questionnaire

Variables du modèle	ß	T	Sig.
Partie 3	0,827	6,094	0,00**

** p < 0,001

Le test d'ANOVA effectué révèle un résultat significatif : $F(1, 176) = 37{,}135$, $p < 0{,}001$. Ainsi, la valeur du R^2 signale que 17,5 % de la variance de la partie 2 du questionnaire peut être expliqué par le modèle, soit par la partie 3 du questionnaire. De la même façon, la valeur du R^2 ajusté indique que 17 % de la variance du rendement en RPÉA peut être expliqué par le modèle lorsque l'on veut généraliser à la population en général.

En somme, les résultats de ces analyses révèlent que plus l'élève obtiendrait un score élevé en compréhension de problèmes, plus il aurait de chances de réussir en RPÉA. La prochaine section présentera ce qu'il en est pour la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension.

5.2.2. Résultats relatifs à l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et à la compréhension de problèmes écrits d'arithmétique

Afin de répondre à notre première question spécifique de recherche : « Y a-t-il une corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes écrits d'arithmétique ? », une corrélation de Pearson entre ces deux variables a été effectuée. Les tableaux 15 et 16 présentent respectivement les scores moyens obtenus par les participants pour les deux variables impliquées et la corrélation obtenue.

Tableau 15 : Scores moyens obtenus pour la partie 1 et la partie 3 du questionnaire

	N	Moyenne	Écart-Type
Partie 1	184	4,02	1,54
Partie 3	177	3,97	1,56

Tableau 16 : Corrélation entre la partie 1 et la partie 3 du questionnaire

		Partie 1
Partie 3	Corrélation	0,470**
	Sig.	0,00
	N	174

**p < 0,001

Le tableau 16 indique qu'il y a une corrélation positive entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le score obtenu en compréhension de problèmes. Effectivement, ces résultats dévoilent qu'un lien moyennement fort existe entre ces deux variables (r = 0,47, p < 0,001). Ainsi, les résultats indiquent que plus un élève serait habile à reconnaître les schémas de problèmes, meilleure serait sa compréhension de problèmes.

5.2.3 Résultats relatifs à l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et au rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique

Afin de répondre à la deuxième question de recherche : « Quelle est la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ? », une corrélation de Pearson entre la variable de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et celle du rendement en RPÉA a été effectuée. Avant d'en analyser les résultats, voici les tableaux 17 et 18 qui présentent respectivement les scores moyens obtenus par les participants évalués aux deux variables impliquées et la corrélation entre ces deux variables.

Tableau 17 : Scores moyens obtenus pour la partie 1 et la partie 2 du questionnaire

	N	**Moyenne**	**Écart-Type**
Partie 1	184	4,02	1,54
Partie 2	187	7,53	3,11

Tableau 18 : Corrélation entre la partie 1 et la partie 2 du questionnaire

		Partie 2
Partie 1	Corrélation	0,355**
	Sig.	0,00
	N	183

**p < 0,001

Le tableau 17 rapporte une corrélation positive entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA. En effet, ces résultats révèlent qu'un lien moyen existe entre ces deux variables (r = 0,355, p < 0,001). Ainsi, les résultats montrent que plus l'élève serait habile à reconnaître les schémas de problèmes, plus il aurait de chances de réussir en RPÉA.

5.2.4 Résultats concernant les liens prédicteurs entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique

Après avoir établi que des liens corrélationnels existent entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA, il est important d'approfondir l'évaluation de ces liens et de juger du rôle que pourrait jouer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes dans ce rendement. Cette démarche permettra de répondre à la dernière question spécifique de l'étude : « Est-ce que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes est un prédicteur du rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ? ». En d'autres mots, les résultats de cette démarche permettront de déterminer si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes apporte une contribution différente et indépendante de celle apportée par la compréhension de problèmes au rendement en RPÉA.

Dans un premier temps, une analyse de régression linéaire a été effectuée, laquelle avait pour variable dépendante le rendement en RPÉA et pour variables indépendantes l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le score en compréhension de problèmes. Les résultats de l'analyse (voir tableaux 19 et 20) montrent que les deux variables indépendantes sont utilisées par le modèle de prédiction du rendement en RPÉA. En effet, lorsque la compréhension de problèmes est entrée dans le modèle de régression, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes est quand même comptabilisée dans ledit modèle. Ceci indique que la variance qu'apporte l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes au rendement en RPÉM est significative, même si la compréhension de problèmes est déjà présente dans le modèle régression. En d'autres mots, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes apportait sa propre contribution au rendement en RPÉA. Les tableaux 19 et 20 présentent respectivement le sommaire du modèle de prédiction utilisé et la valeur des coefficients du modèle régression.

Tableau 19 : Sommaire du modèle de prédiction de la partie 2 du questionnaire par les parties 1 et 3 du questionnaire

Variables du modèle	R	R^2	R^2 ajusté
Partie 1 du questionnaire **Partie 3 du questionnaire**	0,465**	0,216**	0,207**

**p < 0,001

Tableau 20 : Coefficients du modèle de prédiction de la partie 2 du questionnaire par les parties 1 et 3 du questionnaire

Variables du modèle	ß	T	Sig.
Partie 1	0,45	2,87	0,00**
Partie 3	0,63	4,16	0,00**

** p < 0,001

La valeur du R, présentée au tableau 19, indique qu'il y a une corrélation positive entre les parties 1 et 3 et la partie 2 du questionnaire (r = 0,465). Le test d'ANOVA révèle un résultat significatif : $F\,(2, 171) = 23{,}578$, $p < 0{,}001$. Ainsi, la valeur du R^2 signale que 21,6 % de la variance de la partie 2 du questionnaire peut être expliqué par le modèle, soit par la partie 1 et la partie 3 du questionnaire. De plus, la valeur du R^2 ajusté indique que 20,7 % de la variance du rendement en RPÉA peut être expliqué par le modèle lorsque l'on veut généraliser à la population en général.

Dans un deuxième temps, une analyse de régression linéaire a été effectuée, laquelle avait pour variable dépendante le rendement en RPÉA et pour variable indépendante l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes. Les tableaux 21 et 22 présentent respectivement le sommaire du modèle de prédiction utilisé et la valeur des coefficients du modèle de prédiction.

Tableau 21 : Sommaire du modèle de prédiction de la partie 2 du questionnaire par la partie 1 du questionnaire

Variables du modèle	R	R^2	R^2 ajusté
Partie 1 du questionnaire	0,355**	0,126**	0,121**

**p < 0,001

Tableau 22 : Coefficients du modèle de prédiction de la partie 2 du questionnaire par la partie 1 du questionnaire

Variables du modèle	ß	T	Sig.
Partie 1	0,73	5,11	0,00**

** p < 0,001

La valeur du *R* montre qu'il y a une corrélation positive entre la partie 1 et 2 du questionnaire (r = 0,355). Le test d'ANOVA révèle un résultat significatif : F (1, 182) = 26,117, p < 0,001. Ainsi, la valeur du R^2 indique que 12,6 % de la variance de la partie 2 du questionnaire peuvent être expliqués par le modèle, soit par la partie 1 du questionnaire. De plus, la valeur du R^2 ajustée signale que 12,1 % de la variance du rendement en RPÉA peuvent être expliqués par le modèle lorsque l'on veut généraliser à la population.

Finalement, afin d'évaluer l'ampleur de la contribution individuelle de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes au rendement en RPÉA, soit indépendamment de la compréhension de problèmes, il faut contrôler cette dernière en effectuant une corrélation partielle. Le tableau 23 présente cette corrélation.

Tableau 23 : Corrélation partielle entre la partie 1 et la partie 2 du questionnaire

		Partie 2
Partie 1	Corrélation	0,214*
	Sig.	0,00
	N	174

*p < 0,05

Le résultat de la corrélation partielle entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA est demeuré significatif (r = 0,214, p < 0,05). Ce résultat montre que les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA sont toujours significatifs, même une fois que la compréhension de problèmes est contrôlée. De plus, lorsqu'on élève le coefficient de corrélation (r) au carré (0,214 x 0,214 = 0,045), on obtient une valeur du R^2 qui indique que 4,5 % de la variance de la partie 3 du questionnaire sont expliqués par la partie 1 du questionnaire. Ce résultat indique qu'une fois la variable de la compréhension de problèmes contrôlée, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes produit une part de variance unique sur le rendement en RPÉA.

Les résultats ayant maintenant été présentés, le prochain chapitre s'affairera à les interpréter et à les discuter.

CHAPITRE 6
INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET SYNTHÈSE

Dans le présent chapitre, les résultats obtenus précédemment seront comparés avec ceux d'autres études et interprétés en fonction de la littérature existante. Tout d'abord, les liens corrélationnels entre les différentes variables seront discutés. Puis, les résultats concernant l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes comme un prédicteur du RPÉA seront interprétés et comparés avec d'autres études. Enfin, à la suite de cet exposé, des implications pédagogiques seront proposées.

6.1 LES LIENS ENTRE L'HABILETÉ À RECONNAÎTRE LE SCHÉMA DE PROBLÈMES, LA COMPRÉHENSION ET LE RENDEMENT EN RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ÉCRITS D'ARITHMÉTIQUE D'ÉLÈVES DE 3^{E} ANNÉE

La question principale de cette étude portait sur les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en RPÉA chez des élèves de 3^{e} année du primaire. Afin d'y répondre, une question préliminaire de recherche a été formulée de même que trois questions spécifiques. Dans le but d'éviter toute redondance, nous répondrons à la question principale par l'entremise de ces quatre questions. Toutefois, un retour sur l'ensemble de l'étude sera présenté dans la conclusion générale de la recherche.

6.1.1 La question préliminaire

Dans le but de comparer les résultats de cette étude avec ce qui a déjà été établi dans la littérature, une question préliminaire a été posée : quelle est la corrélation entre la compréhension et le rendement en résolution de problèmes écrits d'arithmétique ?

Cette question a été soulevée plusieurs fois dans la littérature puisqu'on accorde une grande importance à la compréhension dans le modèle de résolution de problèmes. En général, les auteurs s'entendent pour dire qu'entre 15 et 30 % de la réussite d'un problème mathématique peuvent être expliqués par la compréhension de problèmes (Clements, 1980; Lucangeli *et al.*, 1998; Newman, 1977; Swanson *et al.*, 1993; Watson, 1980). Le résultat de notre étude correspond à cet intervalle puisque la part de variance attribuée à la compréhension de problèmes pour le rendement en RPÉA que nous avons trouvé est de 17 %. Dans la littérature, ce pourcentage varie entre autres en fonction de la population évaluée. Par exemple, la compréhension tient une place capitale dans la réussite d'un problème mathématique chez de très jeunes élèves (p. ex. : 1re année) ou des élèves en difficultés d'apprentissage et elle peut alors expliquer jusqu'à 30 % de la réussite d'un problème (Newman, 1977; Watson, 1980). Par contre, cet apport est moins important lorsqu'il est évalué avec des élèves plus âgés (p. ex. : 6^{e} année) ; il se situe autour de 15 % (Clements, 1980). Par ailleurs, Swanson et ses collaborateurs (1993) ont observé que 21 % du rendement en RPÉM d'élèves de 3^{e} et 4^{e} année pouvaient être expliqués par la compréhension de problèmes. Puisque notre étude a été menée auprès d'élèves de 3^{e} année n'étant pas nécessairement en difficultés d'apprentissage, les résultats que nous avons obtenus, quoique légèrement plus faible que celui de Swanson et ses collaborateurs (1993) corroborent ce qui est présent dans la littérature.

La compréhension est souvent considérée comme l'élément le plus important de la RPÉM puisqu'elle est directement liée au processus de résolution et qu'elle influence fortement les actions posées en cours des autres étapes du processus. En somme, l'importance de cette variable a suffisamment été documentée pour que son influence sur le rendement en RPÉM ne soit plus mise en doute.

6.1.2 Les questions spécifiques de recherche

Maintenant que nous avons répondu à la question préliminaire de l'étude, voici les questions spécifiques qui permettront d'interpréter et de discuter les résultats de cette recherche.

6.1.2.1 La corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes d'arithmétique

Nous analyserons maintenant les résultats obtenus pour la première question spécifique, c'est-à-dire : « Y a-t-il une corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes écrits d'arithmétique ? ». La corrélation que nous avons trouvée entre ces deux variables permet de dire que la compréhension de problèmes est liée à l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes. En effet, une corrélation moyenne a été obtenue entre ces deux variables ($r = 0{,}47, p < 0{,}001$). D'ailleurs, c'est entre ces deux variables que la corrélation est la plus forte.

Parmi les études que nous avons présentées précédemment, peu ont tenté d'établir des liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes (Lucangeli *et al.*, 1998; Swanson *et al.*, 1993). Néanmoins, l'étude de Lucangeli et ses collaborateurs (1998) a également effectué une corrélation entre ces mêmes variables. D'ailleurs, l'outil d'évaluation développé pour la présente étude était inspiré de celui employé par Lucangeli et collaborateurs (1998). Toutefois, les auteurs ont obtenu une corrélation plus élevée que celle trouvée par la présente étude ($r = 0{,}69$, $p < 0{,}05$). D'ailleurs, il est à noter que la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes est également l'une des plus fortes obtenues par l'étude de Lucangeli et ses collaborateurs (1998) par rapport à d'autres habiletés évaluées en RPÉM. Cependant, il est difficile de comparer les résultats afin d'en expliquer les différences puisque ceux présentés par Lucangeli et ses collaborateurs (1998) combinent tous les niveaux scolaires évalués, soit de la 3^e^ année à la 7^e^ année. Néanmoins, les résultats similaires obtenus renforcent l'idée que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes est liée à la compréhension de problèmes, et ce, plus particulièrement en 3^e^ année du primaire.

Pour expliquer cette corrélation, nous voulons soulever que Richard (1990 : 85), qui s'est attardé au processus de la compréhension, décrit comment la compréhension d'un problème peut se faire à l'aide de schémas cognitifs : « comprendre en utilisant un schéma c'est remplacer les variables [du schéma sélectionné] par les éléments de la situation ». De plus, tout comme le processus de compréhension, les schémas cognitifs permettent à l'individu d'inférer des informations manquantes à l'intérieur d'un texte ou d'une situation (Richard, 1990, 1998). Étant donné qu'elles partagent une procédure semblable, il n'est donc pas surprenant que ces deux variables soient celles qui corrèlent le plus fortement. En conséquence, il apparaît plausible que l'habileté d'un élève de 3^e^ année à reconnaître le schéma du problème influencerait en partie sa compréhension du problème. Une fois cette compréhension, l'élève de 3^e^ année améliorerait donc ses chances de réussir le problème mathématique.

Toutefois, comme Julo (1995) le précise, il ne faut pas considérer l'utilisation de schémas cognitifs comme étant l'élément déterminant de la structuration de la compréhension. Selon lui, les processus en lien avec la compréhension sont très complexes. À notre avis, cela pourrait expliquer en partie pourquoi la corrélation obtenue entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension n'était pas élevée.

Selon Swanson et ses collaborateurs (1993), l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes serait une des facettes de la compréhension. En effet, tel qu'il le fut présenté dans le troisième chapitre de cette recherche, ces auteurs ont constaté que lorsque la compréhension de problèmes est entrée dans le modèle de régression, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes n'est plus comptabilisée par le modèle. En d'autres mots, cette habileté n'apporterait aucune variance au rendement des élèves en RPÉA lorsque la compréhension est déjà prise en considération. À la lumière des résultats que nous avons obtenus, nous ne pouvons considérer cette affirmation comme étant la seule explication possible. À notre avis, la corrélation obtenue entre les deux variables de la présente étude, quoiqu'elle fut assez élevée pour qu'il soit admit qu'elles étaient liées entre elles, n'était pas suffisamment marquée pour qu'elles soient considérées comme une même habileté. Les scores obtenus par les élèves pour ces deux variables n'évoluent pas exactement de la même façon. Cependant, d'autres études seraient nécessaires afin d'examiner ce sujet de plus près.

6.1.2.2 La corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en résolution de problèmes d'arithmétique

Au troisième chapitre nous avons montré que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes est considérée par certains chercheurs comme un élément pouvant distinguer les bons solutionneurs des moins bons solutionneurs lors de la RPÉM (Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Silver, 1979, 1981). Toutefois, on ignore à quel point cette habileté est liée au rendement en RPÉM. La deuxième question spécifique de la présente étude avait donc pour objectif d'évaluer la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA. Les résultats ont montré qu'un lien moyennement fort unissait ces deux variables (r = 0,355, p < 0,001).

Silver (1979), qui a exécuté une corrélation entre ces mêmes variables, a également observé une corrélation moyennement forte entre ces dernières, quoique plus élevée que celle enregistrée dans la présente étude (r = 0,46, p < 0,05). Cette différence pourrait s'expliquer par le niveau scolaire étudié ou par l'instrument de mesure employé. En effet, Silver (1979) a observé les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA chez des élèves de 8^{e} année. Si ce chercheur a obtenu une corrélation plus élevée, il est possible de penser que les élèves de 8^{e} année, qui sont plus habiles à reconnaître le schéma de problèmes, seraient également plus enclins à réussir un problème mathématique. En effet, ceci pourrait être expliqué par le fait que les élèves plus âgés ont plus d'expérience dans la RPÉA et possèdent davantage de schémas en mémoire, lesquels peuvent ensuite être réutilisés pour résoudre des problèmes mathématiques. De cette manière, un élève plus habile à reconnaître le schéma de problèmes le serait également en RPÉA. Par ailleurs, dans la section précédente, nous avons renchéri que la compréhension de problèmes était un facteur déterminant pour la réussite d'un problème, mais nous avons également émis l'hypothèse que son importance dans le rendement en RPÉM pouvait diminuer lorsque l'élève vieillissait. Ainsi, avec ce que nous venons de présenter, il est plausible de penser que des habiletés telles que la reconnaissance du schéma de problèmes peuvent devenir un facteur plus déterminant de la réussite d'un problème mathématique d'élèves plus âgés. En conséquence, la différence entre nos résultats et ceux de Silver (1979) pourrait indiquer qu'en général, cette habileté pourrait se développer avec l'âge de telle sorte que l'impact sur le rendement serait plus grand chez des élèves plus vieux. Toutefois, avant d'en arriver à cette conclusion, d'autres études devront être réalisées afin d'appuyer ces propos.

De plus, il faut également mentionner que l'instrument de mesure utilisé par Silver (1979) n'était pas tout à fait le même que celui utilisé dans la présente étude. Silver (1979) a utilisé une activité de classement des schémas de problèmes plutôt qu'une activité de choix de réponses pour mesurer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes. Les différences pourraient donc provenir du fait que la tâche demandée aux élèves n'était pas exactement la même. En conséquence, il serait pertinent de refaire cette recherche avec des élèves du même niveau que ceux évalués par Silver (1979) pour ensuite en comparer les résultats. Cela nous permettrait entre autres d'observer si la différence entre nos résultats et ceux de Silver (1979) pourrait être due à l'instrument de mesure utilisé.

En somme, la corrélation obtenue dans cette étude renforce l'idée que des liens existent entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉM et s'ajoute à ce qui est présent dans la littérature (Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Lucangeli *et al.*, 1998; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993). Tout comme certaines études (Chi *et al.*, 1981; Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Silver, 1979, 1981), la présente recherche soutient que les bons solutionneurs seraient également ceux qui sont davantage en mesure de reconnaître le schéma de problèmes. Même si la plupart des recherches ont été effectuées davantage aux niveaux secondaire et universitaire, il semble que cette habileté soit également présente en 3^e année du primaire, c'est à tout le moins ce qu'indiquent nos résultats.

Par contre, comme le mentionnent Swanson et ses collaborateurs (1993), il n'y a pas que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes qui a une influence sur le rendement en RPÉM. En effet, la compréhension est un élément important qui entre en jeu au moment d'évaluer ce rendement. C'est pourquoi, la prochaine section observera si une partie de la variabilité du rendement en RPÉA serait attribuable à l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, et ce, indépendamment de la compréhension.

6.1.2.3 L'habileté à reconnaître le schéma de problèmes comme un prédicteur du rendement en résolution de problèmes d'arithmétique

L'objectif de cette question spécifique était d'évaluer si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes serait un prédicteur du rendement en RPÉA, et ce, indépendamment de la compréhension de problèmes. Dans un premier temps, rappelons que nous avons trouvé qu'un peu plus de 20 % de la réussite d'un problème mathématique d'un élève de 3^e année seraient expliqués par la compréhension qu'il a du problème ainsi que par son habileté à reconnaître le schéma de ce problème ($R^2 = 0{,}207$, $p < 0{,}001$).

À l'inverse de ce qui a été observé dans l'étude de Swanson et ses collaborateurs (1993), nous avons trouvé que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes est toujours comptabilisée dans l'équation du modèle de régression, et ce, même lorsque la compréhension est entrée dans l'équation. Ainsi, selon nos résultats, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes apporterait une variance différente de celle causée par la compréhension de problèmes sur le rendement en RPÉA. Tout comme pour cette dernière étude, la présente recherche s'est effectuée avec des problèmes d'arithmétique et les participants avaient à peu près le même âge. Ainsi, les différences dans les résultats de la présente étude et ceux de Swanson et ses collaborateurs (1993) pourraient être liées à l'instrumentation utilisée. En effet, tout comme Silver (1979), Swanson et ses collaborateurs (1993) ont utilisé une tâche de classement des schémas de problèmes pour évaluer l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes des participants. Or, lorsqu'on évalue l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes avec une activité de choix de réponses plutôt qu'avec une tâche de classement, on n'obtient pas les mêmes résultats. En conséquence, des études supplémentaires seraient nécessaires afin de juger si l'instrumentation utilisée peut jouer un rôle sur le résultat obtenu par le participant lorsqu'on évalue l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes.

Dans un deuxième temps, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes a été entrée dans une équation de régression linéaire dans le but de connaître la part de variance attribuable à cette habileté pour le rendement en RPÉA. Le résultat obtenu indique que 12,1 % du rendement en RPÉA d'un élève de 3^e^ année pourrait être expliqué par son habileté à reconnaître le schéma de problèmes ($R^2 = 0{,}121$, $p < 0{,}001$). Deux autres études ont effectué ce même type d'analyse et ont toutes deux obtenu un résultat légèrement plus faible que celui de la présente étude, soit 8 % (Lucangeli *et al.*, 1998; Swanson *et al.*, 1993). Encore une fois, l'échantillon ou l'instrumentation utilisée pourraient expliquer les différences entre notre résultat et celui de Swanson et ses collaborateurs (1993) et Lucangeli et ses collaborateurs (1998). Néanmoins, les résultats de la présente étude restent sensiblement les mêmes que ceux obtenus par ces deux études.

Il est à noter que la régression linéaire a été effectuée sans tenir compte de la compréhension de problèmes. Or, il a été montré précédemment que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes sont liées. De plus, mise à part l'étude de Swanson et ses collaborateurs (1993), aucune des études recensées n'a contrôlé la compréhension lors des analyses. Ainsi, afin d'approfondir notre recherche, il était indispensable de contrôler la compréhension pour obtenir un résultat plus fidèle concernant ce que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pouvait apporter à la variance du rendement en RPÉA.

Pour contrôler l'effet de la compréhension de problèmes, une corrélation partielle entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA a été effectuée. Les résultats indiquent que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes est toujours significativement corrélée au rendement en RPÉA même lorsque la compréhension est contrôlée ($r = 0{,}214$, $p < 0{,}05$). D'une façon un peu plus précise, les analyses ont montré que, une fois la compréhension contrôlée, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes expliquerait toujours 4,5 % de la variance du rendement en RPÉA des élèves de 3^{e} année participant à la recherche. Ce pourcentage est négligeable par rapport à l'influence d'autres variables comme la compréhension de problèmes. Néanmoins, contrairement aux résultats de Swanson et ses collaborateurs (1993), ceux de la présente étude montrent que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes contribuerait de façon unique au rendement en RPÉA d'élèves de 3^{e} année.

Notre étude permet donc de soutenir l'idée que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes sont indépendantes l'une de l'autre quant à la variance qu'elles apportent au rendement en RPÉA. Ainsi, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pourrait permettre à un élève de mieux réussir en RPÉA. À notre avis, cela s'expliquerait par le fait que l'utilisation de schémas implique des habiletés de gestion de l'information, tel que le présente Richard (1990) dans ses exemples d'utilisation de schémas. Ces habiletés de gestion pourraient entre autres consister en l'élaboration d'un plan par le solutionneur afin d'organiser les informations puisées dans la situation pour éventuellement obtenir une solution. Ceci rejoint également la conception d'un plan de solution proposé par Pólya (1989) dans son modèle de résolution de problèmes. L'utilisation de schémas pourrait donc faciliter cette planification, ce qui expliquerait pourquoi l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes apporterait une variance différente de celle amenée par la compréhension. Évidemment, il serait nécessaire d'approfondir cette idée en menant d'autres recherches afin d'évaluer si cette habileté de planification est effectivement liée à celle de la reconnaissance du schéma de problèmes.

En bref, notre étude montre que, même chez une clientèle de 3e année, l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pourrait prédire, en partie, le rendement en résolution de problèmes d'un élève, et ce, même lorsque la variable de la compréhension est contrôlée.

6.2 Les implications pédagogiques

Même s'il n'a pu être prouvé que des interventions spécifiques sur l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes amélioreraient le rendement en résolution de problèmes, la présente étude montre que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes jouerait un rôle dans la compréhension et dans le rendement en RPÉM.

La RPÉM est une habileté importante à développer par les élèves tout au long du primaire. Nous avons vu qu'une façon d'aider les élèves à devenir meilleurs en RPÉM était d'améliorer leur compréhension du problème, notamment parce que cette intervention permet de conserver la richesse d'un problème mathématique. Cependant, intervenir sur la compréhension de l'élève est une tâche complexe. Julo (1995) rapporte qu'il est difficile d'aider quelqu'un à comprendre un problème. Or, les résultats de la présente étude montrent qu'une des avenues qui pourrait être utilisée afin d'aider un élève à comprendre un problème serait de favoriser l'habileté à reconnaître les schémas de problèmes. En effet, notre étude a permis d'observer que la compréhension de problèmes et l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes sont liées.

Ainsi, favoriser l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes permettrait aux enseignants d'intervenir sur la compréhension de leurs élèves. En conséquence, les enseignants pourraient intervenir sur le rendement de leurs élèves tout en laissant intact le niveau de difficulté des problèmes.

De façon parallèle, l'étude a permis de constater que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes contribuerait à la réussite d'un problème, et ce, indépendamment de la compréhension du problème. Une intervention sur l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pourrait donc contribuer à l'amélioration du rendement d'un élève en RPÉM. Notre étude abonde dans le même sens que d'autres recherches et suggère que les enseignants pourraient possiblement tirer avantage du développement de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes en situation de RPÉM. En effet, l'intervention sur les habiletés des élèves à reconnaître le schéma de problèmes pourrait être un complément à d'autres outils d'enseignement et constituer une nouvelle approche dans l'enseignement de la RPÉM.

CHAPITRE 7
CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce dernier chapitre présentera un bref résumé de l'étude, les limites de la recherche ainsi que la portée de l'étude de même que des pistes nouvelles pour de futures recherches.

7.1 Résumé de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le domaine de la RPÉM. Plus précisément, le but de cette étude était d'analyser les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en RPÉA. Afin de répondre aux questions de recherche, une méthodologie quantitative a été utilisée. Les données ont été recueillies auprès de quatre écoles de la Commission scolaire des Navigateurs située dans la région de Chaudière-Appalaches. Au total, 188 élèves de 3^{e} année ont répondu à un questionnaire en trois parties. Chacune d'elles avait comme objectif d'évaluer l'une des trois variables à l'étude.

À partir des données recueillies, des analyses statistiques ont été effectuées afin, dans un premier temps, d'étudier la corrélation entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, le score en compréhension de problèmes et le rendement en RPÉA et, dans un deuxième temps, d'évaluer si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes était un prédicteur du rendement en RPÉA. Les résultats obtenus ont permis de corroborer ceux d'autres études (Clements, 1980; Gliner, 1989; Hinsley *et al.*, 1977; Lucangeli *et al.*, 1998; Newman, 1977; Silver, 1979, 1981; Swanson *et al.*, 1993; Watson, 1980). De plus, ces résultats ont permis de faire ressortir des éléments nouveaux concernant l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, tel que le pourcentage de prédiction de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes du rendement en RPÉA lorsque la compréhension de problèmes est contrôlée.

Pour y arriver, une question préliminaire de recherche a été posée afin de comparer les résultats avec ceux existants dans la littérature. Les résultats observés allaient dans le même sens que ceux déjà présents dans les écrits recensés, c'est-à-dire qu'il fut conclu que la compréhension constitue un élément important dans la réussite d'un problème. Ensuite, les résultats ont montré que des liens modérément forts existent entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en RPÉA, et ce, même en 3e année du primaire. Plusieurs études avaient déjà observé des liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et le rendement en RPÉA chez des élèves de niveaux secondaires et postsecondaires, mais peu d'entre elles avaient été effectuées au primaire. De plus, les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes et la compréhension de problèmes avaient été peu explorés. Les résultats obtenus ici ont donc permis d'apporter des précisions sur ces éléments de recherche moins étudiés. Enfin, les résultats ont révélé que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes serait en partie un prédicteur du rendement en RPÉA d'élèves de 3e année, et ce, indépendamment de la compréhension de problèmes. Ce constat est pertinent, d'une part, parce qu'aucune recherche ne s'y était intéressée avant celle-ci et, d'autre part, parce que les résultats obtenus indiquent que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pourrait être une habileté à développer en RPÉM, mais qu'il faudrait explorer davantage cet aspect.

7.2 LES LIMITES DE L'ÉTUDE

Bien que notre étude ait été effectuée avec toute la rigueur qui était de mise, il était impossible de passer outre certaines limites. En effet, pour cette recherche, des choix méthodologiques ont été faits de manière à être cohérents avec la littérature du domaine à l'étude. Par contre, ces choix limitent la capacité à généraliser les résultats obtenus. Voici quelques exemples d'éléments qui peuvent limiter cette généralisation.

Le choix de l'échantillon constitue une limite. Puisque les participants proviennent de la même commission scolaire et qu'ils sont du même niveau scolaire, il est impossible de certifier que les résultats seraient les mêmes dans une autre région ou avec un groupe d'âge différent. De plus, les problèmes utilisés dans cette recherche sont tous des problèmes d'arithmétique. Les résultats découlent donc directement de ce contenu mathématique. Le choix du contenu a été effectué de façon à pouvoir comparer les résultats à ce qui avait déjà été fait dans la littérature. Toutefois, on peut se questionner à savoir si les résultats auraient été différents avec un autre contenu mathématique (p. ex.: la géométrie).

Ainsi, il serait nécessaire de répéter cette étude pour vérifier si les résultats seraient les mêmes dans un contexte différent, c'est-à-dire avec un échantillon différent ou un contenu mathématique différent.

7.3 Les prolongements pour la recherche

L'étude qui vient d'être présentée a permis de renforcer les connaissances dans le domaine d'étude dans lequel cette recherche s'inscrit. Si plusieurs recherches se sont intéressées à la résolution de problèmes, peu d'entre elles ont été effectuées sur les schémas de problèmes, et plus particulièrement dans le but d'explorer les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en RPÉA. Ainsi, cette recherche permet d'apporter de nouveaux résultats qui pourront éventuellement mener à d'autres recherches. D'ailleurs, des pistes de recherches seront présentées dans les prochains paragraphes.

Dans un premier temps, une hypothèse a été émise comme quoi l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pourrait être un facteur plus important de la réussite d'un problème mathématique d'élèves plus âgés. En d'autres mots, son impact sur le rendement serait plus grand chez des élèves plus vieux. Toutefois, il serait nécessaire de refaire la présente étude sur différents niveaux scolaires afin de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Dans un deuxième temps, les résultats de la recherche ont montré qu'en combinant les scores en compréhension de problèmes et en habileté à reconnaître le schéma de problèmes, il était possible d'expliquer un peu plus de 20 % de la variance du rendement en RPÉA. Ce pourcentage est non négligeable puisqu'il représente environ le cinquième des conditions nécessaires à la réussite d'un problème. Même si plusieurs recherches ont été effectuées sur la compréhension de problèmes, aucune des études recensées n'a combiné ces deux habiletés dans le but d'améliorer le rendement en RPÉM. Les résultats de notre étude laissent penser qu'une amélioration de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes favoriserait la compréhension de problèmes et vice versa. D'autres études seront cependant nécessaires pour déterminer si en intervenant sur ces deux variables, les élèves amélioreront effectivement leur rendement en RPÉM.

Dans un troisième temps, il a également été observé que l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes apporterait une variance sur le rendement en RPÉM différente de celle amenée par la compréhension. Dans la littérature, peu d'études ont contrôlé la compréhension de problèmes dans le but d'évaluer si l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes expliquerait à elle seule une partie de la variance du rendement en RPÉM (Swanson *et al.*, 1993). En conséquence, il serait nécessaire de refaire cette étude dans un autre contexte et avec un échantillon différent pour voir si des résultats similaires seraient obtenus.

Enfin, ces résultats permettent de formuler l'hypothèse selon laquelle la variance apportée par l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pourrait être due à des habiletés de gestion de l'information qui pourraient s'apparenter à une autre étape du modèle de Pólya (1989) : le plan de solution. Évidemment, cette hypothèse n'est basée que sur des rapprochements théoriques et devrait être validée par des expérimentations. Une première piste de recherche serait l'évaluation de l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes pour déterminer si celle-ci est liée à l'habileté à concevoir un plan de solution et pour ensuite observer si toutes deux évoluent de la même façon.

La présente étude a donc permis d'élargir les possibilités pour d'autres recherches en appuyant ou en bonifiant les résultats déjà présents dans la littérature. Des études semblables seront nécessaires pour valider les résultats obtenus par la présente recherche, mais dans des contextes et à des niveaux scolaires différents.

ANNEXE I
LETTRE DE CONSENTEMENT DES PARENTS

UQAR

PROJET DE RECHERCHE UNIVERSITAIRE
FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Lévis, le 11 janvier 2009

Madame, Monsieur,

Dans le cadre d'un projet de recherche universitaire mené par l'étudiante à la maîtrise, Julie Bergeron, intitulé «Les liens entre l'habileté à reconnaître le schéma de problèmes, la compréhension et le rendement en résolution de problèmes d'arithmétique d'élèves de 3^{e} année», nous sollicitons votre permission afin que votre enfant puisse participer à la recherche. Enseignante au primaire, Julie Bergeron entreprend cette recherche afin de se spécialiser dans le domaine de l'apprentissage des mathématiques au primaire.

La recherche a pour but de mieux comprendre les stratégies utilisées par les élèves pour résoudre des problèmes de mathématique selon les types de problèmes à résoudre. La classe de votre enfant a été choisie pour faire partie de cette recherche dans le cadre du projet de maîtrise de l'étudiante Julie Bergeron supervisée par le professeur Dominic Voyer.

Pour les besoins de l'étude, votre enfant aura à résoudre quelques problèmes d'arithmétique et à répondre à quelques questions, pour une durée maximale de travail estimée à 60 minutes. Nous avons par ailleurs tout organisé soigneusement pour que votre enfant trouve l'expérience amusante et enrichissante. L'activité se fera en classe et l'enseignant de votre enfant a déjà accepté de participer à cette étude.

Les données seront recueillies et traitées de façon confidentielle et en aucun cas les résultats individuels des participants ne sera communiqué. La direction de l'école et l'enseignant(e) de votre enfant n'auront en aucun cas accès aux <u>réponses individuelles</u> de votre enfant. La recherche fera l'objet de publications scientifiques, sans qu'aucun des participants ne puisse être identifié. Soyez assurés que nous allons en tout temps agir d'abord en fonction des intérêts de votre enfant: c'est toujours là notre préoccupation première, celle qui nous est dictée par nos missions d'éducateurs.

Merci à l'avance de votre précieuse collaboration.

Julie Bergeron, étudiante
Département des sciences de l'éducation
UQAR, campus de Lévis
berj0005@uqar.qc.ca
(418) 833-8800 poste 3362

Dominic Voyer, professeur
Département des sciences de l'éducation
UQAR, campus de Lévis
dominic_voyer@uqar.qc.ca
(418) 833-8800 poste 3276

ANNEXE II
CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE L'ÉTUDIANT

UQAR
Université du Québec à Rimouski

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE ÉTUDIANT

Titulaire (s) du projet :	Julie Bergeron
Nom du programme :	Maîtrise en éducation
Nom du directeur :	Dominic Voyer
Titre du projet :	Étude sur l'effet de l'habileté à choisir le bon schéma de problème sur la compréhension et le rendement en résolution de problèmes arithmétiques
Organisme subventionnaire ou autre (s'il y a lieu) :	---
Titre du cours (s'il y a lieu) :	---

Le CÉR de l'Université du Québec à Rimouski certifie, conjointement avec le titulaire du certificat, que les êtres humains, sujets d'expérimentation, pour ce projet seront traités conformément aux principes **de l'Énoncé de politique des trois Conseils** : Éthique de la recherche avec des êtres humains ainsi que les normes et principes en vigueur de la Politique d'éthique avec les êtres humains de l'UQAR (C2-D32).

Réservé au CÉR

N° de certificat :	CÉR-54-227
Période de validité du certificat:	22 janvier 2009 au 21 janvier 2010
Durée de l'intervention auprès des participants :	Mars 2009 à avril 2009

Bruno Leclerc

Bruno Leclerc, président du CÉR-UQAR

Date de la réunion : 22 janvier 2009 — Date d'émission : 22 janvier 2009

ANNEXE III
PARTIE I DU QUESTIONNAIRE

Pour cette partie du questionnaire, tu n'as pas à résoudre les problèmes mathématiques

1. Voici un problème :

À l'intérieur d'un restaurant, il y a des hommes et des femmes. Il y a 24 hommes et il y a 3 fois plus de femmes que d'hommes. Combien de femmes sont à l'intérieur du restaurant ?

Parmi les 4 problèmes suivants, lequel lui ressemble le plus mathématiquement ?
Encercle la lettre qui correspond à ta réponse.

a) Anne possède 36 billes. Marc a 4 billes. Combien de billes ont-ils au total ?

b) Anne a 36 billes. Marc en a 4 fois moins qu'elle. Combien de billes Marc a-t-il ?

c) Anne a 36 billes. Marc en a 4 fois plus qu'elle. Combien de billes Marc a-t-il ?

d) Anne a 36 billes. Marc lui en offre 4. Combien de billes a-t-elle maintenant ?

2. Voici un problème :

Alice a une collection d'autocollants qu'elle place dans des albums. Elle possède 4 albums. Chaque album contient 68 autocollants. Combien d'autocollants la collection d'Alice compte-t-elle ?

Parmi les 4 problèmes suivants, lequel lui ressemble le plus mathématiquement ?
Encercle la lettre qui correspond à ta réponse.

a) Anne a 36 billes. Elle en donne 4 à Marc. Combien de billes a-t-elle maintenant ?

b) Anne a 36 billes. Marc en a 4 fois moins qu'elle. Combien de billes Marc a-t-il ?

c) Anne a 4 paquets de 36 billes chacun. Combien de billes a-t-elle au total ?

d) Marc a 4 billes de plus qu'Annie. Annie a 36 billes Combien de billes a Marc ?

3. Voici un problème :

Mélissa a confectionné 24 petits chocolats noirs. Elle veut séparer également ses chocolats dans 4 boîtes différentes. Combien de chocolats chacune des boîtes contiendra-t-elle ?

Parmi les 4 problèmes suivants, lequel lui ressemble le plus mathématiquement ?
Encercle la <u>lettre</u> qui correspond à ta réponse.

a) Anne possède 36 billes rouges et 4 billes bleues. Combien de billes a-t-elle au total ?

b) Anne possède 4 sacs de 36 billes. Combien de billes Anne a-t-elle au total ?

c) Anne a 4 billes. Elle reçoit 36 billes en cadeau. Combien de billes Anne a-t-elle maintenant ?

d) Anne a 36 billes qu'elle veut partager également avec 4 de ses amis. Combien de billes chaque ami recevra-t-il ?

4. Voici un problème :

Claudine a acheté 12 bouteilles d'eau. Amélie en a acheté 8 de moins que Claudine. Combien de bouteilles d'eau ont-elles acheté au total ?

Parmi les 4 problèmes suivants, lequel lui ressemble le plus mathématiquement ? Encercle la <u>lettre</u> qui correspond à ta réponse.

a) Anne a 36 billes. Marc en a 4 de plus. Combien de billes ont-ils ensemble ?

b) Anne a 36 billes. Marc en a 4 fois plus. Combien de billes Marc a-t-il ?

c) Anne a 36 billes. Marc en a 4 de moins qu'Anne. Combien de billes Marc a-t-il ?

d) Anne a 36 billes. Marc en a 4 de moins qu'Anne. Combien de billes ont-ils ensemble ?

5. Voici un problème :

Émilie possède des timbres. Elle donne 28 de ses timbres à son ami Martin. Émilie possède maintenant 22 timbres. Combien de timbres avait Émilie avant d'en offrir à Martin ?

Parmi les 4 problèmes suivants, lequel lui ressemble le plus mathématiquement ?
Encercle la lettre qui correspond à ta réponse.

a) Anne a possède 36 billes. Son ami Marc lui offre 4 billes. Combien de billes Anne possède-t-elle maintenant ?

b) Anne a des billes. Elle vend 4 billes à Marc. Il lui reste 36 billes. Combien de billes Anne avait-elle avant d'en vendre à Marc ?

c) Anne possède 36 billes. Elle donne 4 billes à son ami Marc. Combien de billes Anne a-t-elle maintenant ?

d) Anne a des billes. Son ami Marc en a 4 fois moins qu'elle. Anne a 36 billes. Combien de billes Marc a-t-il ?

6. Voici un problème :

Dans un jardin, il y a des tulipes, des roses et des marguerites. Il y a 24 tulipes et il y a 3 fois plus de roses que de tulipes. Il y a aussi 2 fois moins de marguerites que de roses. Combien de marguerites y a-t-il dans le jardin ?

Parmi les 4 problèmes suivants, lequel lui ressemble le plus mathématiquement ?
Encercle la <u>lettre</u> qui correspond à ta réponse.

a) Anne a 36 billes. Marc a 4 billes. Nancy possède 3 billes. Combien de billes ont-ils au total ?

b) Anne a 36 billes. Marc en a 4 fois plus qu'Anne. Nancy a 3 fois moins de billes que Marc. Combien de billes Nancy a-t-elle ?

c) Anne a 36 billes. Marc en a 6 de moins qu'elle. Nancy en a 4 de plus que Marc. Combien de billes Nancy a-t-elle ?

d) Anne a 36 billes. Marc en a 4 fois plus qu'Anne. Combien de billes Marc a-t-il ?

ANNEXE IV
PARTIE 2 DU QUESTIONNAIRE

Nom : ____

Résous les problèmes mathématiques suivants[9]:

1. Dans son armoire, Olivier a 5 casse-têtes différents. Chaque casse-tête contient 107 pièces. **Combien y a-t-il de pièces de casse-têtes au total dans l'armoire d'Olivier ?**

   Laisse les traces de ta démarche.

   Réponse : ____________

2. Dans une école, il y a 239 filles et 23 garçons de moins que le nombre de filles. **Quel est le nombre total d'élèves dans cette école ?**

   Laisse les traces de ta démarche.

   Réponse : ____________

---

[9] Les énoncés de résolution de problèmes 4 et 5 proviennent de la banque d'instruments de mesure de la société GRICS

3. Nicolas range 21 photos de son voyage en Floride dans un album. Il place 3 photos par page. **Combien de pages Nicolas utilisera-t-il ?**

Laisse les traces de ta démarche.

Réponse : ___________

4. 53 élèves vont en excursion. Il y a 9 canots de 4 places pour ceux qui vont à la pêche. Les autres élèves vont faire du pédalo. **Combien d'élèves N'ont PAS choisi d'aller à la pêche ?**

Laisse les traces de ta démarche.

Réponse : ____________

5 Tu donnes à Nancy 2 paquets de 52 cartes et à Philippe 2 paquets de 54 cartes. Il te reste alors 108 cartes. **Combien avais-tu de cartes avant d'en donner ?**

Laisse les traces de ta démarche.

Réponse : ____________

6. Dans mon jardin, j'ai des plants de tomates, de concombres et de carottes. À la fin de l'été, j'ai cueilli 12 tomates, 4 fois plus de concombres que de tomates et 2 fois moins de carottes que de concombres. **Combien ai-je cueilli de carottes ?**

Laisse les traces de ta démarche.

Réponse : ____________

ANNEXE V
PARTIE 3 DU QUESTIONNAIRE

Pour cette partie du questionnaire, tu n'as pas à résoudre les problèmes mathématiques

1. **Voici un problème :**

François collectionne les cartes de joueurs de hockey. Il a 131 cartes dans sa collection. Mathieu en a 56 de plus que François. Combien Mathieu possède-t-il de cartes de joueurs de hockey dans sa propre collection ?

Choisis l'énoncé VRAI parmi les 4 phrases qui te sont présentées.
Encercle la <u>lettre</u> qui correspond à ta réponse.

a) François possède moins de cartes de hockey que Mathieu.
b) Mathieu a 131 cartes dans sa collection.
c) François possède plus de cartes de hockey que Mathieu.
d) Mathieu a 56 cartes dans sa collection.

2. Voici un problème :

Laurianne entre dans un restaurant. Elle voit 57 tables. Il y a 4 chaises à chacune des tables. Combien de personnes peuvent prendre place dans ce restaurant ?

Choisis l'énoncé VRAI parmi les 4 phrases qui te sont présentées.
Encercle la <u>lettre</u> qui correspond à ta réponse.

a) Il y a 4 chaises dans ce restaurant.
b) Dans ce restaurant, il y a plus de chaises que de tables.
c) 57 personnes peuvent prendre place dans ce restaurant.
d) Dans ce restaurant, il y a plus de tables que de chaises.

3. Voici un problème :

À la boulangerie, on répartit également 28 petits pains dans 4 sacs. Combien de petits pains y a-t-il dans chacun des sacs ?

Choisis l'énoncé VRAI parmi les 4 phrases qui te sont présentées.
Encercle la <u>lettre</u> qui correspond à ta réponse.

a) Il n'y aura pas le même nombre de petits pains dans tous les sacs.
b) 28 petits pains seront divisés dans 4 petits sacs.
c) Il y a plus de sacs que de petits pains.
d) 4 sacs seront multipliés par les 28 petits pains

4. Voici un problème :

Le bol de Papa Ours contient 3 fois plus de céréales que celui de Maman Ours. Le bol de Papa Ours contient 12 cuillerées de céréales. Combien de cuillerées le bol de Maman Ours contient-il ?

Choisis l'énoncé VRAI parmi les 4 phrases qui te sont présentées.
Encercle la <u>lettre</u> qui correspond à ta réponse.

a) Il y a plus de céréales dans le bol de Maman Ours.
b) Il y a 12 cuillerées dans le bol de Maman Ours.
c) Il y a plus de céréales dans le bol de Papa Ours.
d) Il y a 3 cuillerées dans le bol de Papa Ours.

5. Voici un problème :

Dans un sac, il y a des bonbons rouges, des bonbons jaunes et des bonbons verts. Il y a 5 bonbons rouges, 3 fois plus de bonbons jaunes que de bonbons rouges et 5 fois moins de bonbons verts que de bonbons jaunes. Combien y a-t-il de bonbons verts dans le sac de bonbons ?

Choisis l'énoncé VRAI parmi les 4 phrases qui te sont présentées.
Encercle la <u>lettre</u> qui correspond à ta réponse.

a) Le sac contient plus de bonbons jaunes que les autres sortes de bonbons.
b) Le sac contient plus de bonbons rouges que les autres sortes de bonbons.
c) Le sac contient plus de bonbons verts que les autres sortes de bonbons.
d) Tous les sacs contiennent le même nombre de bonbons.

6. Voici un problème :

Choisis l'énoncé VRAI parmi les 4 phrases qui te sont présentées.
Encercle la lettre qui correspond à ta réponse.

Dans la ferme de Monsieur Séguin, il y a 34 moutons et 12 cochons de plus que le nombre de moutons. Quel est le nombre total d'animaux qui habitent la ferme de Monsieur Séguin ?

a) Dans la ferme, il y a plus de moutons que de cochons.
b) Le nombre total d'animaux se trouve lorsque que l'on additionne 34 moutons à 12 cochons.
c) Il faut trouver le nombre de cochons avant de trouver le nombre total d'animaux.
d) Dans la ferme, il y a moins de cochons que de moutons.

ANNEXE VI
CLASSEMENT DES PARTICIPANTS SELON LEURS HABILETÉS EN COMPRÉHENSION DE LECTURE ET EN MATHÉMATIQUES

École :____

Enseignant(e) : ___________________________________

Groupe :_______________

Nom de l'élève	**habileté en compréhension de lecture** **1 : faible** **2 : moyen** **3 : fort**	**habileté en maths** **1 : faible** **2 : moyen** **3 : fort**

Nom de l'élève	habileté en compréhension de lecture 1 : faible 2 : moyen 3 : fort	habileté en maths 1 : faible 2 : moyen 3 : fort

Consigne :

Pour chaque élève, évaluez son rendement en **compréhension de lecture** et en **mathématique**. Pour ce faire, vous pouvez vous appuyer sur l'ensemble des résultats obtenus en cours d'année, de même que sur vos observations personnelles. Il s'agit de classer les habiletés des élèves selon trois catégories : faible, moyen et fort.

À votre convenance, vous pouvez utiliser ce document ou toute autre liste d'élèves sur laquelle vous pourriez indiquer clairement l'habileté en lecture et l'habileté en mathématique de chacun.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Andre, T. (1986). Problem solving and education. Dans G. D. Phye & T. Andre (Dir.), *Cognitive classroom learning: Understanding, thinking, and problem solving* (pp. 169-204). Toronto, Canada: Academic Press Inc.

Benko, A.,Loaiza, R.,Long, R.,Sacharski, M. et Winkler, J. (1999). *Math Word Problem Remediation with Elementary Students.* Repéré à http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED434015&lang=fr&site=ehost-live

Bower, G. H.,Black, J. B. et Turner, T. J. (1972). Scripts in memory for texts. *Cognitive Psychology, 3*, 193-209

Briars, D. J. et Larkin, J. H. (1984). An integrated model of skill in solving elementary word problems. *Cognition & Instruction, 1*(3), 245-296

Bryant, D. P.,Bryant, B. R.,Gersten, R.,Scammacca, N. et Chavez, M. M. (2008). Mathematics Intervention for First- and Second-Grade Students with Mathematics Difficulties: The Effects of Tier 2 Intervention Delivered as Booster Lessons. *Remedial and Special Education, 29*(1), 20

Carpenter, T.,Hiebert, J. et Moser, J. M. (1983). The effect of instruction on children's solutions of addition and subtraction word problems. *Educational Studies in Mathematics, 14*(1), 55-72

Carpenter, T.,Moser, J. M. et Romberg, T. A. (1982). *Addition and sustraction: A cognitive perspective.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Casey, D. P. (1978). Failing students: A strategy of error analyis. Dans P. Costello (Dir.), *Aspects of motivation* (pp. 295-306). Melbourne, Australie: Association of Victoria.

Chi, M. T. H.,Feltovich, P. J. et Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science, 5*(2), 121-152

Christou, C. et Philippou, G. (1999). Role of schemas in one-step word problems. *Educational Research and Evaluation (An International Journal on Theory and Practice), 5*(3), 269

Clements, M. A. K. (1980). Analyzing children's errors on written mathematical tasks. *Educational Studies in Mathematics, 11*(1), 1

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2e éditions[e] éd.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

De Corte, E. et Verschaffel, L. (1996). An empirical test of the impact of primitive intuitive models of operations on solving word problems with a multiplicative structure. *Learning and Instruction, 6*(3), 219-242

Ellis, D. K.,Ellis, K. A.,Huemann, L. J. et Stolarik, E. A. (2007). *Improving Mathematics Skills Using Differentiated Instruction with Primary and High School Students.* (Online Submission). Repéré à http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED499581&lang=fr&site=ehost-live

English, L. D. (1997). The development of fifth-grade children's problem-posing abilities. *Educational Studies in Mathematics, 34*(3), 183

Fuchs, L. S.,Fuchs, D.,Prentice, K.,Burch, M.,Hamlett, C. L.,Owen, R. *et al.* (2003). Enhancing third-grade students' mathematical problem solving with self-regulated learning strategies. *Journal of Educational Psychology, 95*(2), 306-315

Fuchs, L. S.,Fuchs, D.,Prentice, K.,Hamlett, C. L.,Finelli, R. et Courey, S. J. (2004). Enhancing mathematical problem solving among third-grade students with schema-based instruction. *Journal of Educational Psychology, 96*(4), 635-647

Gliner, G. S. (1989). College students' organization of mathematics word problems in relation to success in problem solving. *School Science and Mathematics, 89*(5), 392

Gouvernement du Québec (2001). *Programme de formation de l'école québécoise. Éducation préscolaire. Enseignement primaire.* Québec: Ministère de l'Éducation.

Greer, B. (1992). Multiplication and division as models of situations. Dans D. Grouws (Dir.), *Handbook of Research on Learning and Teaching Mathematics*. New York: NCTM/ Macmillan.

Hayes, J. R. (1981). *The complete problem solver*. Philadelphie, PA: The Franklin Institute Press.

Hegarty, M. et Mayer, R. E. (1992). Comprehension of arithmetic word problems: Evidence from students' eye fixations. *Journal of Educational Psychology, 84*(1), 76

Hegarty, M.,Mayer, R. E. et Monk, C. A. (1995). Comprehension of arithmetic word problems: A comparison of successful and unsuccessful problem solvers. *Journal of Educational Psychology, 87*(1), 18-32

Hinsley, D.,Hayes, J. R. et Simon, H. A. (1977). From words to equations. Dans M. A. Just & P. A. Carpenter (Dir.), *Cognitive processes in comprehension* (pp. 89-106). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Janvier, C. (1987). Representation and understanding:The notion of function as an example. Dans C. Janvier (Dir.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 67-71). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Jitendra, A. K.,Griffin, C. C.,McGoey, K.,Gardill, M. C.,Bhat, P. et Riley, T. (1998). Effects of mathematical word problem solving by students at risk or with mild disabilities. *Journal of Educational Research, 91*(6), 345-355

Julo, J. (1995). *Représentation des problèmes et réussite en mathématiques*. Rennes, France: Presses universitaires de Rennes.

Kintsch, W. et Greeno, J. G. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review, 92*(1), 109-129

Kintsch, W. et van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review, 85*(5), 363-394

Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Montréal, Canada: Guérin.

Lester Jr., F. K. (1994). Musings about mathematical problem-solving research 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education, 25*(6), 660-675

Levain, J.-P.,La Borgne, P. et Simard, A. (2006). Apprentissage de schémas et résolution de problèmes en SEGPA. *Revue française de pédagogie, 155*, 95-109

Lucangeli, D.,Tressoldi, P. E. et Cendron, M. (1998). Cognitive and metacognitive abilities involved in the solution of mathematical word problems: Validation of a comprehensive model. *Contemporary Educational Psychology, 23*(3), 257-275

Marshall, S. P. (1993). Assessing schema knowledge. Dans I. I. Bejar, N. Frederiksen & R. J. Mislevy (Dir.), *Test theory for a new generation of test* (pp. 155-179). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum associates.

Marshall, S. P. et al. (1987). Schema knowledge structures for representing and understanding arithmetic story problems. First year technical report (pp. 72). San Diego, CA: San Diego State Univ., CA. Dept. of Psychology.

Mayer, R. (1992). *Thinking, problem solving, cognition* New York: W.H. Freeman

Mayer, R. (2002). Mathematical problem solving *Mathematical cognition* (pp. 69-92). Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Mayer, R.,Larkin, J. H. et Kadane, J. B. (1984). A cognitive analysis of mathematical problem-solving. Dans R. J. Sternberg (Dir.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 2, pp. 231- 273). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

McGivney-Burelle, J. M. (1999). *The nature of control in the problem-solving process: A study of Ph.D. mathematicians.* (éducation, Université du Connecticut, Storrs).

Ministère de l'Éducation (1988). *Guide pédagogique, primaire, mathématique, fascicule K, résolution de problèmes, orientation générale*. Québec, Canada: Gouvernement du Québec.

Morales, R. V.,Shute, V. J. et Pellegrino, J. W. (1985). Developmental differences in understanding and solving simple mathematics word problems. *Cognition & Instruction, 2*(1), 41

Moreau, S. et Coquin-Viennot, D. (2003). Comprehension of arithmetic word problems by fifth-grade pupils : Representations and selection of information. *British Journal of Educational Psychology, 73*(1), 109-121

NCSM. (1977). Position paper on basic mathematical skills. *Arithmetic Teacher, 25*(1), 19-22

NCSM (1988). *Essential mathematics for the 21st century: Position paper of the National Council of Supervisors of Mathematics*. Minneapolis, MN: Author.

NCTM (1980). *An agenda for action: Recommendations for school mathematics of the 1980s*. Reston, VA.: National Council of Teachers of Mathematics.

NCTM (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA.: National Council of Teachers of Mathematics.

NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA.: National Council of Teachers of Mathematics.

Newman, M. A. (1977). An analysis of sixth-grade pupils' errors on written mathematical tasks'. Dans J. Foyster (Dir.), *Research in Mathematics Education in Australia* (pp. 239-258). Melbourne, Australie.

Pallascio, R. (2005). Les situations-problèmes : un concept central du nouveau programme de mathématique. *Vie pédagogique, 136,* 32-35.

PIRS. (2001). Rapport sur l'évaluation en mathématiques III. Québec, Canada: Ministère de l'éducation.

PISA. (2003). Apprendre aujourd'hui, réussir demain : Premier résultats de PISA 2003. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques.

PISA. (2006). PISA 2006 : Les compétences en sciences, un atout pour réussir. Paris: Organisation de coopération et de dévelopement économiques.

Poirier, L. (2001). *Enseigner les maths au primaire : Notes diadactiques*. Québec, Canada: Éditions de renouveau pédagogique inc.

Pólya, G. (1981). *Mathematical discovery : On understanding, learning, and teaching problem solving*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Pólya, G. (1989). *Comment poser et résoudre un problème*. Sceaux, France: Éditions Jacques Gabay.

Quilici, J. L. et Mayer, R. E. (1996). Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology, 88*(1), 144-161

Quilici, J. L. et Mayer, R. E. (2002). Teaching students to recognize structural similarities between statistics word problems. *Applied Cognitive Psychology, 16*(3), 325-342

Richard, J.-F. (1990). *Les activités mentales : Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris: A. Colin.

Richard, J.-F. (1998). *Les activités mentales : Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. (3e éd.). Paris: A. Colin.

Riley, M. S. et Greeno, J. G. (1988). Developmental analysis of understanding language about quantities and of solving problems. *Cognition & Instruction, 5*(1), 49

Riley, M. S.,Greeno, J. G. et Heller, J. I. (1983). Development of children's problem-solving ability in arithmetic. Dans H. P. Ginsbutg (Dir.), *The development of mathematical thinking* (pp. 153-196). New York Academic Press.

Roti, J.,Trahey, C. et Zerafa, S. (2000). *Improving Student Achievement in Solving Mathematical Word Problems.* Repéré à http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED445923&lang=fr&site=ehost-live

Schmidt, S. et Weiser, W. (1995). Semantic structures of one-step word problems involving multiplication or division. *Educational Studies in Mathematics, 28*(1), 55-72

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense makin in mathematics. Dans Macmillan (Dir.), *Handbook of Research on Mathematics and Learning* (pp. 334-370). New York.

Schoenfeld, A. H. et Douglas, H. J. (1982). Problem perception and knowledge structure in expert and novice mathematical problem solvers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 8*(5), 484-494

Silver, E. A. (1979, 8 au 12 avril). *Problem-solving performance and memory for mathematical problems: Solving related problems.* Communication présentée lors de la rencontre annuelle de l'American Educational Research Association (AERA), San Francisco, CA. Repéré à http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED175630&lang=fr&site=ehost-live

Silver, E. A. (1981). Recall of mathematical problem information: Solving related problems. *Journal for Research in Mathematics Education, 12*(1), 54

Simon, H. A. et Chase, W. G. (1973). Skill in chess. *American Scientist, 61*(4), 394-403

Sovik, N.,Frostrad, P. et Heggberget, M. (1999). The relation between reading comprehension and task-specific strategies used in arithmetical word problems. *Scandinavian Journal of Educational Research, 43*(4), 371-398

Swanson, H. L.,Cooney, J. B. et Brock, S. (1993). The influence of working memory and classification ability on children's word problem solution. *Journal of Experimental Child Psychology, 55*(3), 374

Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique : l'apport de la psychologie cognitive* Montréal, Canada: Éditions Logiques

Thévenot, C.,Coquin, D. et Verschaffel, L. (2006). La résolution de problèmes. Dans P. Barrouillet & V. Camos (Dir.), *La cognition mathématique chez l'enfant.* Marseille, France: Solal.

TIEMS. (1999). Troisième enquête internationale sur la mathématique et les sciences: Rapport du Québec: Tendances de l'enquête internationale sur la mathématique et les sciences : Gouvernement du Québec.

TIEMS. (2004). Résultats obtenus par les élèves québécois aux épreuves de mathématique et de sciences de 2003: Tendances de l'enquête internationale sur la mathématique et les sciences : Gouvernement du Québec.

Vergnaud, G. (1982). Cognitive and developmental psychology and research in mathematics education: Some theoretical and methodological issues. *For the learning of Mathematics, 3*(2), 31-41

Verschaffel, L.,Greer, B. et De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse, Pays-Bas: Swets & Zietlinger B. V.

Vilenius-Tuohimaa, P. M.,Aunola, K. et Nurmi, J.-E. (2008). The association between mathematical word problems and reading comprehension. *Educational Psychology, 28*(4), 409-426

Voyer, D. (2001). Un projet d'intégration mathématiques-français dans une perspective de résolution de problèmes: Université Laval

Voyer, D. (2006). *L'influence de facteurs liés à l'élève ou à l'énoncé sur la compréhension en résolution de problèmes écrits d'arithmétique.* (éducation, Université Laval, Sainte-Foy).

Watson, I. (1980). Investigating errors of beginning mathematicians. *Educational Studies in Mathematics, 11*(3), 319