Université du Québec
à Rimouski

L'EFFET D'UNE SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT SUR LA RECONNAISSANCE DE FIGURES GÉOMÉTRIQUES USUELLES DANS DES POSITIONS ATYPIQUES PAR DES GARÇONS ET DES FILLES DE LA PREMIÈRE ANNÉE DU PREMIER CYCLE DU PRIMAIRE

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en éducation

en vue de l'obtention du grade « Maître ès arts »

PAR

© MARIE-CHRISTINE TREMBLAY

24 mars 2020

Composition du jury :

Charlaine St-Jean, présidente du jury, Université du Québec à Rimouski

Miranda Rioux, directrice de recherche, Université du Québec à Rimouski

Martine Poirier, codirectrice de recherche, Université du Québec à Rimouski

Annette Braconne-Michoux, examinateur externe, Université de Montréal

Dépôt initial le 3 décembre 2019 Dépôt final le 24 mars 2020

REMERCIEMENTS

Pour avoir accepté de me suivre dans ce beau projet, mes remerciements vont d'abord à Miranda Rioux, directrice de maîtrise et à Martine Poirier, codirectrice de maîtrise. Ils vont également aux trois enseignantes qui m'ont gentiment ouvert les portes de leur classe, ainsi qu'à tous les élèves et à leurs parents. Ils vont finalement à mon amoureux et à nos quatre enfants. Un immense merci à vous tous pour votre soutien, pour votre temps.

AVANT-PROPOS

L'élaboration de la problématique du présent projet de recherche, dans le but de produire un mémoire de maîtrise en éducation, est une étape importante qui a nécessité au préalable le choix d'un domaine en enseignement primaire, d'une directrice de maîtrise, d'un sujet de recherche et l'analyse des principaux articles scientifiques écrits sur le sujet.

Ayant choisi la mathématique comme domaine de recherche ainsi qu'une directrice de maîtrise, professeure en didactique des mathématiques en sciences de l'éducation à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), l'inclusion de deux autres champs d'intérêt ont guidé le choix du sujet à explorer : la littérature jeunesse et les élèves qui entrent à l'école primaire. Une fois le tout réuni, le thème retenu a été celui de l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie, en particulier des figures géométriques planes. Un examen sommaire des outils mis à la disposition des enfants, des parents et des enseignants au début du primaire permet de constater que ces figures sont présentées majoritairement en position prototypique. Par exemple, rares sont les livres pour enfants à l'intérieur desquels le carré ne repose pas sur l'un de ses côtés. Cela a pour conséquence une tendance naturelle, chez les enfants comme chez les adultes, de confondre les carrés présentés en position atypique avec le losange (Bergeaut, Billy, Cailhol, Couderette et Danos, 2016).

En cours de route, une codirectrice de maîtrise, professeure en adaptation scolaire et sociale et spécialisée en évaluation de programmes en sciences de l'éducation à l'UQAR, a contribué à préciser l'orientation de cette recherche qui aura pour but d'évaluer si l'exposition à des représentations atypiques de figures géométriques permet d'améliorer les résultats de reconnaissance de ces figures par des garçons et des filles de la première année du premier cycle du primaire.

RÉSUMÉ

Cette recherche visait à déterminer, chez 48 élèves de la première année du premier cycle du primaire, si l'exposition à des représentations atypiques de triangles et de rectangles, accompagnée de la description de leurs propriétés, était associée à une amélioration de la reconnaissance de ces figures par les garçons et les filles.

Au départ, un examen sommaire des outils destinés aux jeunes élèves a permis de constater que les figures géométriques planes — carré, triangle, rectangle et losange — sont présentées majoritairement en position prototypique. Cette présentation amène les élèves à établir l'appartenance d'une figure plane à une classe de figures en faisant l'examen de son apparence et de sa position dans le plan, ce qui peut occasionner des erreurs de reconnaissance (Braconne-Michoux, 2014).

Afin d'assurer une meilleure compréhension des propriétés des figures, l'enseignement devrait proposer une multitude d'exemples ayant les mêmes propriétés géométriques (Neisser, 1987, dans Pinet et Gentaz, 2008) et des contre-exemples (Fisher, Hirsh-Pasek, Newcombe et Golinkoff, 2013b). Suivant ces recommandations, une séquence d'enseignement, bâtie autour d'un livre conçu pour ce projet, a été mise à l'essai dans trois classes. L'intégration de la littérature jeunesse visait à rallier les enseignants qui se sentent parfois moins à l'aise d'enseigner les mathématiques (Lafortune et Fennema, 2003) ainsi que leurs élèves.

Afin d'évaluer l'efficacité de la séquence d'enseignement, les élèves ont rempli un prétest et un post-test. Les résultats des analyses de covariance multivariées montrent une amélioration significative de la reconnaissance des bons exemples du rectangle ainsi qu'une diminution des erreurs pour les deux figures à l'étude, le rectangle et le triangle. De plus, même si les filles d'un des groupes ont fait en moyenne significativement plus d'erreurs de reconnaissance du rectangle au prétest que les filles des autres groupes, cette différence a disparu au post-test. L'utilisation de la littérature jeunesse pourrait donc constituer, en particulier pour les filles de première année du primaire qui éprouvent des difficultés à reconnaitre les figures rectangulaires présentées dans une position atypique, une avenue prometteuse pour favoriser la reconnaissance des figures géométriques.

Mots clés : mathématiques, figures géométriques planes, reconnaissance, triangle, rectangle, positionnement atypique, littérature jeunesse

ABSTRACT

This research was intended to determine, in 48 1st grade elementary school children, whether the exposure to atypical representations of triangles and rectangles, accompanied by the description of their properties, is associated with an improvement in the recognition of these figures by boys and girls.

At first, an examination of geometrical tools for young students showed that the geometric plane shapes — square, triangle, rectangle and rhombus — are mostly presented in prototypical position. This presentation leads students to establish the belonging of a plane figure to a class of figures by examining its appearance and its position on the plane, which can lead to errors in recognition (Braconne-Michoux, 2014).

To ensure a better understanding of the properties of the figures, the instruction should propose a multitude of examples with the same geometric properties (Neisser, 1987, in Pinet et Gentaz, 2008) and counterexamples (Fisher, Hirsh-Pasek, Newcombe et Golinkoff, 2013). Following these recommendations, a lesson plan, built around a children's book designed for this project, was tested in three classes. The integration of children's literature was aimed to rally teachers who sometimes feel less comfortable when teaching mathematics (Lafortune and Fennema, 2003) and their students.

In order to evaluate the effectiveness of the lesson plan, the students completed a pretest and a post-test. The results of the multivariate covariance analyses show a significant improvement in the recognition of rectangles as well as a decrease in errors when recognizing triangles and rectangles. In addition, girls in one of the groups made significantly more errors in the recognition of rectangles during the pretest than girls of other groups. This difference was no longer present at the post-test. The use of children's literature could therefore constitute, especially for girls in first grade who have difficulty recognizing rectangular figures presented in an atypical position, a promising avenue to promote the recognition of geometric figures.

Keywords: mathematics, geometric plane shapes, recognition, triangle, rectangle, atypical positioning, children's literature

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Au Québec, les élèves amorcent l'apprentissage formel de la géométrie plane à partir de la première année du premier cycle du primaire. En effet, la reconnaissance du cercle, du carré, du triangle, du rectangle et du losange fait dès lors partie des prescriptions curriculaires (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport [MELS], 2009; Ministère de l'Éducation du Québec [MEQ], 2001). En réalisant un examen sommaire des manuels scolaires et des ouvrages de littérature jeunesse mis à la disposition des jeunes élèves, nous avons rapidement constaté que ces figures sont presque toutes présentées en position prototypique. Pourtant, l'enseignement devrait plutôt proposer, pour chaque type de figure, une multitude d'exemples qui partagent les mêmes propriétés géométriques (Neisser, 1987, dans Pinet et Gentaz, 2008).

Devant ce constat, nous avons développé et mis à l'essai une séquence d'enseignement qui présente plusieurs exemples d'une même figure, accompagnée de la description de ses propriétés. Nous avons ciblé uniquement le triangle et le rectangle, figures considérées comme étant les plus difficiles à reconnaitre (Kalenine, Pinet et Gentaz, 2011; Pinet et Gentaz, 2008). Tout comme Pinet et Gentaz (2008), nous avons divisé notre séquence d'enseignement en deux séances d'entrainement, une pour le triangle et une pour le rectangle, où ont été présentés des exemples prototypiques, atypiques et des contre-exemples de chaque figure, étant donné que la reconnaissance des bons exemples d'une figure inclut également d'éviter de sélectionner des exemples d'autres figures.

De plus, comme Casey, Erkut, Ceder et Young (2008), nous avons intégré la littérature jeunesse à la séquence d'enseignement. En effet, nous souhaitions proposer un matériel qui saurait plaire aux enseignants, surtout à ceux qui peuvent parfois trouver difficile d'enseigner les mathématiques (Lafortune et Fennema, 2003). Nous désirions également offrir aux élèves une autre façon de faire de la géométrie.

Grâce à la participation de 48 élèves de la première année du premier cycle du primaire ainsi qu'à leurs trois enseignantes, nous avons pu étudier l'impact d'une séquence d'enseignement sur la reconnaissance des deux figures géométriques, le triangle et le rectangle, par les élèves à l'aide d'un prétest et d'un post-test. Après avoir vérifié la fidélité de la mise en place de la séquence d'enseignement, des analyses de covariance multivariées ont été effectuées. Les résultats ont montré que cette séquence a permis une amélioration significative des résultats concernant la reconnaissance des bons exemples du rectangle ainsi que la diminution des erreurs pour les deux figures pour les trois groupes d'élèves.

L'originalité de cette recherche réside d'abord dans le fait que nous avons comparé les résultats obtenus par les garçons et par les filles, répartis en trois groupes. À notre connaissance, très peu de recherches en géométrie plane s'y sont attardé. Au départ, nos résultats n'ont montré aucune différence significative entre les sexes[1], comme ce fut souvent le cas dans des recherches sur d'autres thèmes mathématiques, par exemple en calcul ou en mesure (Memisevic, Biscevic et Pasalic, 2018; Walker et Berthelsen, 2017). En revanche, en examinant s'il existait un effet d'interaction entre le sexe de l'élève et son groupe d'appartenance, nos résultats ont montré que les filles du groupe C, qui faisaient au départ significativement plus d'erreurs de reconnaissance du rectangle au prétest que les filles des deux autres groupes, avaient rattrapé leur retard et ne se distinguaient plus des autres filles au post-test. L'inclusion de la littérature jeunesse à la séquence d'enseignement pourrait donc constituer une avenue prometteuse pour favoriser la reconnaissance des

[1] Le mot « sexe » est utilisé pour faire la différence entre les garçons et les filles, alors que le mot « genre » réfère plutôt aux rôles déterminés socialement, aux activités généralement attribués aux garçons et aux filles.

figures géométriques, en particulier pour les filles de première année du primaire qui éprouvent des difficultés à reconnaitre les figures rectangulaires présentées dans une position atypique. Il importe toutefois de mentionner que l'ouvrage de littérature jeunesse utilisé proposait des figures géométriques dans des positions diverses ainsi qu'un examen de leurs propriétés. Ce ne sont donc pas nécessairement tous les ouvrages de littérature jeunesse qui auraient ce potentiel.

Tous les détails de cette recherche sont présentés à travers cinq chapitres. Le premier définit la problématique entourant la reconnaissance des figures géométriques planes ainsi que l'objectif général de recherche. Le deuxième présente le cadre théorique utilisé pour conceptualiser la pensée géométrique, référant principalement aux travaux de P. van Hiele portant sur les niveaux de pensée en géométrie, l'état des recherches portant sur la reconnaissance des figures géométriques et les sous-objectifs de recherche. Le troisième chapitre concerne la méthodologie utilisée : la séquence d'enseignement, l'échantillon, les instruments de mesure ainsi que le devis de recherche y sont précisés, tout comme le déroulement de la collecte de données et le plan d'analyse des données. Le quatrième chapitre fait état des résultats obtenus à la suite de l'expérimentation en décrivant l'effet de chaque séance d'entrainement sur la reconnaissance des figures géométriques. Le dernier chapitre présente la discussion des résultats par rapport aux objectifs de recherche, les limites de l'étude, les forces de la recherche ainsi que les recommandations pour la pratique enseignante. Finalement, la conclusion fait un retour sur les objectifs de recherche, sur les principaux résultats obtenus, sur les limites ainsi que sur l'originalité de cette recherche.

CHAPITRE 1
PROBLÉMATIQUE

1.1 LA MISE EN CONTEXTE

À l'école primaire, un des premiers objectifs de l'enseignement de la géométrie est d'amener l'élève à reconnaître les figures géométriques planes élémentaires (le carré, le cercle, le triangle, le rectangle et le losange) à partir de l'étude de leurs propriétés[2] et non à partir de l'examen de leur apparence visuelle ou de leur position dans le plan. Pourtant, il n'est pas simple pour les élèves d'atteindre cet objectif de reconnaissance (Pinet et Gentaz, 2008).

Afin de bien comprendre cette problématique, les principales prescriptions curriculaires en matière de géométrie plane au premier cycle du primaire seront d'abord présentées, suivies des principales difficultés inhérentes à l'enseignement et à l'apprentissage de la géométrie plane ainsi que de l'utilisation de la littérature jeunesse pour l'enseignement des mathématiques. Par la suite, le cœur de notre problématique de recherche sera exposé, tout comme l'objectif général de recherche ainsi que sa pertinence sociale et scientifique.

---

[2] En première année du premier cycle du primaire, l'élève pourra décrire les propriétés d'une figure en faisant référence, par exemple, au nombre de côtés, de sommets, au fait que la figure soit formée d'une ligne brisée et fermée, mais non pas en termes géométriques tels que côtés isométriques et angles droits mesurant 90 degrés.

1.2 LES PRESCRIPTIONS CURRICULAIRES

Dans les écoles primaires du Québec, l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie plane au premier cycle du primaire doit se faire selon les recommandations de deux documents reconnus par le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MÉES) : le *Programme de formation de l'école québécoise* (MEQ, 2001) et la *Progression des apprentissages Mathématique* (MELS, 2009). Ces documents officiels énumèrent les apprentissages que les élèves doivent réaliser au préscolaire ainsi qu'à chaque cycle du primaire.

Dans le cas qui nous intéresse, c'est-à-dire l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie plane au premier cycle du primaire, voici un résumé des principales prescriptions faites.

1.2.1 Le *Programme de formation de l'école québécoise* (MEQ, 2001)

Au premier cycle du primaire, les prescriptions du *Programme de formation de l'école québécoise* (MEQ, 2001) se trouvent dans le chapitre consacré au domaine de la mathématique. Ce domaine est divisé en cinq branches qui sont l'arithmétique, la mesure, la probabilité, la statistique et la géométrie (MEQ, 2001, p. 125). Dès la présentation de la géométrie, cette discipline revêt une importance particulière, car d'après l'exemple exposé, on comprend bien que la géométrie est un domaine complexe : « un objet triangulaire devient une figure géométrique, et donc un sujet d'intérêt pour le mathématicien, à partir du moment où il traite, par exemple, des relations qu'entretiennent entre eux ses côtés, ses sommets et ses angles » (MEQ, 2001, p. 124). Or, avant de pouvoir comprendre ces relations, l'élève du primaire doit faire plusieurs apprentissages.

Dans le domaine de la mathématique, trois compétences disciplinaires ont été définies. La première d'entre elles est la compétence à *Résoudre une situation-problème mathématique*. Ainsi, en géométrie, les élèves du premier cycle du primaire devraient être en mesure d'établir des liens entre les données d'une situation-problème et de fournir une solution pertinente (MEQ, 2001). Toutefois, c'est surtout par le biais de la deuxième compétence *Raisonner à l'aide de concepts et de processus mathématiques* que les objectifs d'apprentissage en géométrie sont décrits. En effet, sous l'intertitre *Cheminement de l'élève*, le but à atteindre au premier cycle du primaire est qu'un élève « dégage des régularités géométriques facilement observables et développe le sens de la mesure pour décrire son environnement, se le représenter et s'y mouvoir » (MEQ, 2001, p. 129). Les attentes de fin de cycle sont aussi précisées, indiquant qu' « [à] la fin du premier cycle, l'élève […] construit des figures planes et des solides. […] Pour ce faire, il utilise la technologie et des instruments appropriés ». La troisième compétence du domaine de la mathématique s'intitule *Communiquer à l'aide du langage mathématique*. Selon le *Programme de formation de l'école québécoise* (MEQ, 2001), au premier cycle, un élève qui maîtrise cette compétence est un élève qui « s'approprie le sens de certains termes et symboles mathématiques. Il apprend à les utiliser pour exprimer ses idées et commenter celles des autres » (MEQ, 2001, p. 132).

Les savoirs géométriques qui doivent être enseignés au premier cycle du primaire sont décrits dans la section *Géométrie : figures géométriques et sens spatial*. En ce qui a trait aux figures planes, ces savoirs s'énoncent comme suit : « Comparaison et construction de figures composées de lignes courbes fermées ou de lignes brisées fermées; Identification du carré, du rectangle, du triangle, du cercle et du losange; Description du carré, du rectangle, du triangle et du losange » (MEQ, 2001, p. 136).

Finalement, dans la section traitant des figures géométriques, le *Programme de formation de l'école québécoise* (MEQ, 2001) précise les repères culturels sur lesquels se baser pour enseigner les mathématiques au premier cycle du primaire : « Contexte interdisciplinaire ou social (ex.: architecture, cartes géographiques, arts, décoration) » (MEQ, 2001, p. 139). On y trouve aussi des mots de vocabulaire qui sont à maîtriser : « carré […] cercle […] …est égal à…, …est plus grand que…, …est plus petit que… […] face, figure plane […] hauteur […] largeur, ligne brisée, ligne courbe, longueur, losange […] rectangle […] triangle » (MEQ, 2001, p. 140).

Afin de préciser ce qui doit être enseigné à chaque année d'un cycle donné, un deuxième document a été élaboré, il s'agit de la *Progression des apprentissages - Mathématique* (MELS, 2009).

1.2.2 La *Progression des apprentissages - Mathématique* (MELS, 2009)

Dans le document intitulé *Progression des apprentissages - Mathématique* (MELS, 2009), une section complète est consacrée à la géométrie. L'introduction de cette section décrit le parcours de l'élève dans ce domaine, allant des apprentissages faits lors de sa petite enfance jusqu'à la fin de son primaire. En résumé, avant l'entrée à l'école primaire, l'enfant a déjà acquis un vocabulaire relatif aux formes ainsi qu'aux notions de repérage dans l'espace (en haut, en bas, etc.) :

> Au préscolaire, il commence à organiser l'espace et à mettre des objets en relation : comparer, classer et grouper. Tout au long du primaire, c'est en réalisant des activités ou en manipulant des objets que l'élève acquiert le vocabulaire propre à la géométrie et apprend à se repérer dans l'espace, à nommer des figures planes et des solides, à décrire des classes de figures et à observer des propriétés de ces classes (MELS, 2009, p. 14).

Dans ce document, on précise les savoirs géométriques qui doivent être enseignés aux élèves du premier cycle du primaire :

> Comparer et construire des figures composées de lignes courbes fermées ou de lignes brisées fermées; Identifier des figures planes : carré, rectangle, triangle, losange, cercle; Décrire des figures planes : carré, rectangle, triangle, losange (MELS, 2009, p. 15).

Les élèves doivent également apprendre la signification des mots de vocabulaire suivants : ligne brisée, ligne brisée fermée, ligne courbe, figure plane, côté, carré, cercle, rectangle, triangle, losange (MELS, 2009, p. 15).

En résumé, au premier cycle du primaire, l'objectif de l'enseignement est d'amener l'élève à identifier le carré, le triangle, le cercle, le rectangle et le losange, à décrire ces formes[3], à en dégager les régularités, à les comparer et à les construire à l'aide d'instruments. Il est à noter qu'un élève de première année ne pourra pas décrire une figure, par exemple le carré, en utilisant des termes géométriques tels que côtés isométriques ou quatre angles droits. Il faut donc demeurer nuancé dans la lecture des prescriptions des documents officiels. Il en va de même lorsque l'on prescrit de construire une figure à l'aide d'instruments, rien n'est précisé à ce sujet, aucun exemple n'est donné par rapport aux situations de construction, ce qui contribue aux difficultés de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie plane.

1.3 L'ENSEIGNEMENT ET L'APPRENTISSAGE DE LA GÉOMÉTRIE PLANE AU PRIMAIRE

Après avoir réalisé un examen – non exhaustif – des principaux ensembles didactiques approuvés par le MÉES (2017) pour l'enseignement et l'apprentissage de la

[3] Exception faite du cercle.

géométrie plane au premier cycle du primaire, nous avons constaté, tout comme Michot (2018), que très peu d'ouvrages présentent des figures géométriques ayant un positionnement atypique. Ainsi, certains élèves du primaire peuvent avoir de la difficulté à reconnaitre les figures lorsqu'elles sont présentées sous un aspect non familier, que ce soit en raison d'une forme inhabituelle ou d'une position atypique, et ce encore davantage lorsque les exemples sont très différents du prototype habituellement reconnu par les jeunes élèves. Ils ne pourront pas les caractériser comme ayant une « ressemblance familiale » avec la figure prototypique (Sinclair et Moss, 2012). Pourtant, dans leur environnement, le carré ne repose pas toujours sur l'un de ses côtés, le rectangle n'a pas toujours le côté le plus long posé à l'horizontale et le triangle n'a pas souvent trois côtés et trois angles égaux et il n'est pas nécessairement placé sur l'un de ses côtés à l'horizontale (Braconne-Michoux, 2014; Pinet et Gentaz, 2008). Si l'objectif de l'enseignement de la géométrie à l'école primaire est que l'élève puisse « décrire son environnement » (MEQ, 2001, p. 129) et être outillé afin de bien interagir avec le monde qui l'entoure (Pinet et Gentaz, 2008), il doit être en mesure, grâce à ses apprentissages, de reconnaitre et de décrire les figures planes, peu importe leur aspect.

Les élèves, étant peu exposés aux figures géométriques ayant un positionnement atypique, pourraient également identifier à tort certaines figures géométriques (Fisher *et al.*, 2013b). Par exemple, en se fiant uniquement à l'apparence des figures, un élève pourrait identifier des figures non valides (voir figure 1) comme faisant partie de la famille des triangles ou des rectangles, alors qu'elles n'en font pas partie.

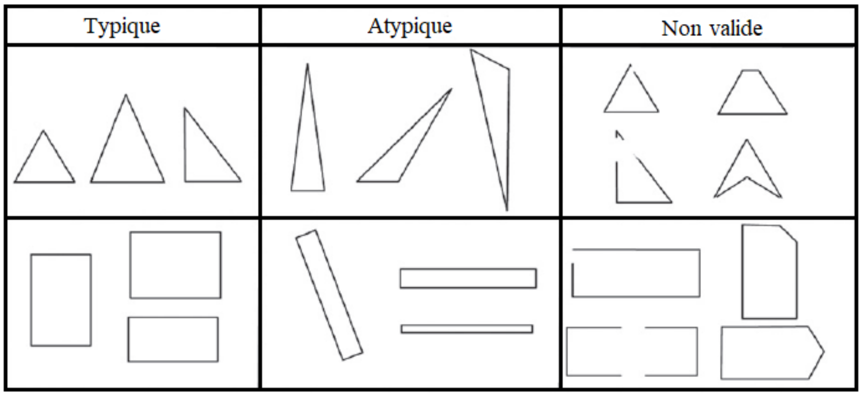


Figure 1 : Positionnement typique, atypique et non valide du triangle et du rectangle (tiré de Fisher *et al.*, 2013b, p. 1847)

Plusieurs chercheurs s'entendent pour dire que les activités proposées aux élèves dans le domaine de la géométrie plane diffèrent souvent de ce que la recherche suggère (Braconne-Michoux, 2014; Hock, Tarmizi, Yunus et Ayub, 2015; Noirfalise et Matheron, 2009; van Hiele, 1999). Par exemple, les chercheurs recommandent de présenter plusieurs figures afin que l'élève maitrise réellement les propriétés à l'étude. Ainsi, un enseignant qui souhaite que ses élèves reconnaissent le rectangle en procédant à une analyse de ses propriétés[4] leur présentera plusieurs rectangles dont les dimensions et le positionnement dans le plan sont variables. Pourtant, Braconne-Michoux (2014) affirme que, dans la réalité de la plupart des classes, « il en va tout autrement […] : les propriétés qui vont acquérir un statut théorique sont établies à partir de généralisations qui s'appuient sur un nombre très limité d'exemples, voire un seul » (p. 35).

[4] Quatre angles droits et deux paires de côtés parallèles.

1.3.1 Les difficultés propres à l'enseignement de la géométrie

En géométrie, il existe deux types de connaissances à enseigner : les connaissances spatiales et les connaissances géométriques[5]. Ces deux types de connaissances sont indissociables (Berthelot et Salin, 1993-1994; Dersoir, 2015; Marchand, 2009; Van de Walle et Lovin, 2007). En fait, lorsque l'être humain tente de comprendre son environnement, de s'y situer, de s'y orienter, de s'y déplacer, cela réfère aux connaissances spatiales (Marchand, 2009). Les connaissances géométriques lui permettent d'expliquer ce qu'il a découvert et de mettre des mots géométriques sur ses connaissances spatiales. Elles se traduisent par un vocabulaire géométrique qu'il doit acquérir (Noirfalise et Matheron, 2009) grâce à un apprentissage (Dersoir, 2015). Pour les enseignants, il demeure difficile de bien comprendre la différence entre ces deux types de connaissances (Berthelot et Salin, 1993-1994; Marchand, 2009; Van de Walle et Lovin, 2007), car « [les] deux champs utilisent parfois les mêmes mots mais avec des sens différents; dans la vie quotidienne, un carré n'est pas un rectangle alors qu' « un carré est un rectangle » constitue une connaissance géométrique qui fait l'objet d'un enseignement » (Bergeaut *et al.*, 2016, p. 216). Le développement du sens spatial, qui signifie, entre autres, faire émerger ou réinvestir les connaissances géométriques dans la vie de tous les jours (Berthelot et Salin, 1993-1994; Noirfalise et Matheron, 2009), est ce qui pose le plus problème dans l'apprentissage de la géométrie (Marchand, 2009). L'enseignant doit faire le parallèle entre les connaissances spatiales et géométriques, ce qui n'est pas toujours le cas dans les classes (Noirfalise et Matheron, 2009).

Au primaire, une autre difficulté inhérente à l'enseignement des connaissances géométriques provient du fait que les enseignants sont des généralistes et, pour une majorité d'entre eux, « les mathématiques ne sont pas leur matière préférée » (Lafortune et

[5] Il est à noter que nous utilisons ici l'expression générique pour référer à ces deux types de connaissances.

Fennema, 2003, p. 31). Certains, se sentant peu à l'aise, se contentent, selon Berthelot et Salin (1993-1994) ainsi que Hock *et al.* (2015), de « passer à travers le programme » en géométrie et d'évaluer ce que les élèves ont retenu, sans plus. « Cette situation les amène à présenter les mathématiques dans leurs dimensions algorithmique, technique et procédurale, ce qui n'incite pas les élèves à développer leur intuition et leur créativité en mathématiques et limite grandement l'exercice de leur pensée critique » (Lafortune et Fennema, 2003, p. 31). Ainsi, la manière d'enseigner peut avoir un impact sur les élèves qui jugeront si, oui ou non, leur enseignant a réussi à leur faire aimer les mathématiques. Ce sentiment aura une influence sur les efforts qu'ils seront prêts à investir pour réussir de même que sur leur rendement (Bouffard, Brodeur et Vezeau, 2005). Des différences entre les groupes, en fonction des pratiques d'enseignement et du sentiment d'efficacité de l'enseignant, pourraient alors survenir (Gaudreau, Royer, Beaumont et Frenette, 2012).

Différentes pratiques sont reconnues efficaces pour faciliter l'apprentissage de la géométrie plane. Pour que tous les élèves, garçons et filles, soient réellement en mesure de construire leurs connaissances dans ce domaine, les enseignants devraient s'assurer d'utiliser du matériel signifiant, de favoriser la manipulation, la recherche, le questionnement ainsi que la discussion (Hock *et al.*, 2015; van Hiele, 1999). Ils devraient également présenter les différentes figures géométriques en donnant une description juste et complète (Hannibal, 1999), en s'assurant d'employer les bons termes[6] (van Hiele, 1999) tels que glissement, rabattement, rotation (Van de Walle et Lovin, 2007) ou angle droit (Clements, Swaminathan, Zeitler Hannibal et Samara, 1999) et en évitant de présenter uniquement les exemples prototypiques de chaque figure (Clements *et al.*, 1999). Ces

[6] Une telle recommandation est néanmoins en contradiction avec la liste de vocabulaire que l'on trouve dans la Progression des apprentissages (MELS, 2009), où des mots tels que côtés, angle droit ou sommet ne relèvent pas *a priori* des apprentissages prescrits au premier cycle du primaire. Les enseignants seraient donc confrontés à des injonctions contradictoires.

pratiques devraient également tenir compte du fait que les garçons et les filles apprennent parfois différemment.

1.3.2 L'apprentissage des mathématiques : différences selon le sexe de l'élève

Le sexe des élèves pourrait également influencer la réussite scolaire, ce qui préoccupe de plus en plus de chercheurs, dont plusieurs dans le domaine des mathématiques (Bouffard, Vezeau et Simard, 2006; Casey *et al.*, 2008). Alors que des études montrent que les filles entrent à l'école avec de meilleures habiletés en mathématiques (Walker et Berthelsen, 2017) et qu'à la fin du primaire, elles réussissent mieux dans cette matière que les garçons (Anjum, 2015), d'autres études suggèrent que le sexe des élèves n'influence pas leur réussite en mathématiques (Memisevic *et al.*, 2018). Toutefois, la majorité des études montrent que les garçons réussissent mieux que les filles dans cette matière (Carmichael, 2014; Penner et Paret, 2008; Robinson et Lubienski, 2011) et que, dès la fin du primaire ainsi qu'au secondaire, ils montrent des taux plus élevés de réussite par rapport à celles-ci (Anjum, 2015). Ces différences sont également observées par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (2015), qui compile les statistiques internationales du *Programme international pour le suivi des acquis des élèves* (PISA). Leurs résultats montrent que, dans la plupart des pays, les garçons de 15 ans seraient meilleurs en mathématiques que les filles. De plus, selon les recherches de Hofmeister et Blatti (2016), les enseignants interagiraient majoritairement avec les garçons lors des leçons de mathématiques et ces interactions seraient plus nombreuses, plus longues et de meilleure qualité.

De l'observation des habiletés spécifiques des élèves du primaire en mathématiques selon le sexe, il ressort que les garçons réussiraient bien sur certains points, particulièrement en résolution de problèmes ou lors de tests à choix multiples (Declercq, 2008). Ils auraient aussi de meilleures capacités dans les tâches de visualisation spatiale, incluant la lecture de cartes, la construction avec des blocs, la rotation mentale ou les labyrinthes (Declercq, 2008) que les filles. Ces dernières auraient besoin d'utiliser des stratégies plus concrètes, de manipuler, de compter ou d'avoir un modèle pour résoudre ces types de tâches (Casey *et al.*, 2008).

Dans le cas du sentiment de compétence des élèves du primaire, des études montrent que les garçons semblent avoir davantage confiance en eux en mathématiques (Anjum, 2015; Bouffard *et al.*, 2006; Lindberg, Linkersdörfer, Ehm, Hasselhorn et Lonnemann, 2013) alors que les filles semblent plus à l'aise en lecture (Bordeleau et Bouffard, 1999; Bouffard *et al.*, 2006). Pourtant, selon Moè (2018), ces croyances n'auraient pas d'impact sur la réussite en mathématiques.

En bref, lorsqu'il est question de l'apprentissage des mathématiques, les garçons semblent mieux réussir, avoir de meilleures habiletés en visualisation spatiale et en résolution de problèmes ainsi qu'un sentiment de compétence plus élevé. Ces différences entre les sexes se manifesteraient dès les premiers apprentissages formels en mathématiques (Lindberg *et al.*, 2013). Il semble donc très pertinent de prendre en compte les différences possibles entre les garçons et les filles dans l'apprentissage de la géométrie plane, cette discipline requérant notamment des habiletés en visualisation spatiale et en rotation mentale (Marchand, 2009; Ndolly, 2012). Les enseignants doivent tenir compte des différences entre les sexes dans leur pratique.

1.3.3 L'efficacité des pratiques enseignantes pour la reconnaissance des figures géométriques

Dans le cadre de la présente recherche, une recension des écrits a été réalisée afin de repérer des études qui ont évalué l'efficacité d'une séquence d'enseignement portant sur la reconnaissance des figures planes par des garçons et des filles du premier cycle du primaire. Rapidement, il a été possible de constater que peu d'études ont porté directement sur ce sujet. En effet, les études de Pinet et Gentaz (2008), de Kalenine, Pinet et Gentaz (2011), de Smith *et al.* (2014) et de Fisher *et al*. (2013b) ont été retenues puisqu'elles évaluaient l'efficacité de séquences d'enseignement portant sur la reconnaissance des figures planes auprès d'enfants d'âge préscolaire ou du premier cycle du primaire, mais aucune d'entre-elles n'apportait d'information concernant les différences entre les garçons et les filles. À cause de cela, une autre étude (Casey *et al.*, 2008) a été considérée, même si elle portait sur des concepts mathématiques différents des concepts étudiés dans les quatre premières études, car elle évaluait l'efficacité d'une séquence d'enseignement en mathématiques auprès de jeunes élèves du primaire et elle permettait d'obtenir des premières indications sur les différences entre les garçons et les filles. En effet, Casey *et al.* (2008) ont travaillé sur les relations spatiales en géométrie et se sont appuyés sur la littérature jeunesse comme pratique d'enseignement en mathématiques. Plusieurs auteurs se sont également intéressés aux effets positifs de cette pratique, tant pour les élèves (Haack, 2011; Hong, 1996; Jennings, Jennings, Richey et Dixonkrauss, 1992; Raymond, 1995; Tucker, Boggan et Harper, 2010; Voyer, Lavoie, Goulet et Forest, 2018; Whittin et Wilde, 1992; Wilburne et Napoli, 2008) que pour les enseignants (Haack, 2011; Hong, 1996; Keat et Wilburne, 2009; Wilburne et Napoli, 2008). Ces auteurs ont montré que la motivation des élèves pour l'enseignement des mathématiques était accrue par l'utilisation de la littérature jeunesse (Haack, 2011; Hong, 1996; Jennings *et al.*, 1992; Raymond, 1995; Tucker *et al.*, 2010; Voyer *et al.*, 2018; Whittin et Wilde, 1992; Wilburne et Napoli, 2008), à leur engagement plus important dans la tâche (Haack, 2011; Hong, 1996; Raymond, 1995) et à leur rendement plus élevé (Keat et Wilburne, 2009). Ce contexte d'apprentissage serait également apprécié des enseignants (Haack, 2011; Hong, 1996; Keat et Wilburne, 2009; Wilburne et Napoli, 2008). L'utilisation de la littérature jeunesse pourrait ainsi s'avérer une pratique pédagogique intéressante pour favoriser la reconnaissance des figures géométriques. Les principaux résultats des cinq études retenues seront maintenant présentés.

La première étude recensée est celle de Pinet et Gentaz (2008). Elle a été menée auprès de 34 élèves âgés d'environ 5 ans et elle a eu pour objectif d'évaluer s'il y avait eu une amélioration significative de la reconnaissance des quatre figures géométriques planes élémentaires, le cercle, le carré, le triangle et le rectangle, après qu'un entrainement visuo-haptique ait été fait. Les chercheurs ont voulu vérifier, à l'intérieur de leur échantillon, si les enfants retenaient mieux les propriétés des figures géométriques à l'étude s'ils avaient d'abord eu la possibilité d'explorer ces figures après les avoir mises en relief grâce à de la mousse de 4 mm d'épaisseur (groupe visuo-haptique ou VH) au lieu d'en voir seulement le dessin (groupe visuel ou V). À la suite de la passation d'un prétest, chaque enseignant a fait en classe une séance d'entrainement par semaine, à la fois structurée et ludique, présentant une figure géométrique et ses propriétés[7]. Ces séances se sont échelonnées sur une période de quatre semaines et chacune d'elles a duré environ 25 minutes. Une cinquième séance visant à réviser les propriétés des quatre figures a aussi eu lieu. Dans les deux classes, les entrainements se sont déroulés exactement de la même manière, à l'exception du fait que le groupe V a eu des figures imprimées sur un papier couleur tandis que le groupe VH a eu des figures mises en relief. À chaque séance, les élèves ont vu plusieurs bons exemples d'une même figure, mais aussi des exemples de figures distractrices. Les élèves ont ensuite été soumis à un post-test. Les résultats montrent d'une part que les élèves n'ont pas eu, initialement, de difficulté à reconnaître le cercle. Par conséquent, les résultats concernant cette figure n'ont pas été analysés davantage. D'autre part, pour l'ensemble des élèves, l'étude a fait ressortir que le carré est la figure la mieux reconnue, suivi du rectangle et du triangle. Il convient de préciser que, parmi les rectangles à reconnaitre au prétest et au post-

[7] Les mots utilisés pour décrire les propriétés des figures n'ont pas été spécifiés dans l'article.

test, il n'y avait pas de carré[8]. Les résultats montrent également qu'en moyenne, les élèves ont mieux reconnu le triangle et le carré au post-test qu'au pré-test, mais qu'ils ont moins bien reconnu le rectangle. De plus, les élèves qui ont suivi un entrainement VH ont obtenu au post-test des résultats significativement meilleurs que les autres qui n'ont eu que l'entrainement V. Finalement, l'effet d'interaction groupe*figure*temps n'étant pas significatif, il n'y aurait pas de différences entre les deux groupes pour les trois figures au prétest et au post-test (Pinet et Gentaz, 2008). Pour la diminution des erreurs de reconnaissances du carré, du triangle et du rectangle, les auteurs ont calculé un indice de progression en faisant la différence entre la moyenne de fausses reconnaissances au prétest et au post-test. Leurs résultats ont indiqué que l'entrainement a significativement contribué, pour le groupe VH, à la diminution des erreurs de reconnaissances. De plus, pour l'ensemble des élèves, une diminution significative des erreurs a été notée pour le triangle, ce qui n'est pas le cas pour les deux autres figures. Finalement, l'entrainement VH a contribué plus significativement à la diminution des erreurs de reconnaissance du carré et du triangle que l'entrainement V. Il n'y a pas eu toutefois de différences entre les groupes pour le rectangle, ce qui pourrait s'expliquer par le nombre de propriétés du rectangle[9], plus nombreuses que pour le carré et le triangle (Pinet et Gentaz, 2008). Pourtant, par définition, le carré a plus de propriétés que le rectangle puisque tous ses côtés sont isométriques. Ce qui facilite la reconnaissance du carré provient du fait qu'ils sont tous semblables, qu'ils ont tous la même apparence quelle que soit leur taille. Cela est différent pour le rectangle dont les proportions entre les côtés (longueur et largeur) peuvent varier tellement qu'il peut être difficile pour un élève d'accepter que tel ou tel rectangle (particulièrement allongé ou

[8] Bien que le carré soit un rectangle particulier, il est préférable pour de jeunes élèves de d'abord analyser ces deux figures séparément. Ultérieurement, leurs particularités communes devront être enseignées.

[9] Pinet et Gentaz (2008) réfèrent, pour le rectangle, aux propriétés suivantes : « côtés, sommets, longueurs équivalentes deux à deux et notion de perpendicularité » (p.37).

étroit) soit encore un rectangle. Cette étude n'apporte malheureusement pas de connaissances sur les différences éventuelles entre les résultats obtenus par les garçons par rapport à ceux obtenus par les filles. De plus, comme les séances d'entrainement devaient être réalisées exactement de la même manière par tous les enseignants, cette étude ne fait pas ressortir si la pratique enseignante influence la réussite des élèves.

La deuxième étude recensée est celle de Kalenine, Pinet et Gentaz (2011). Elle était basée sur les résultats obtenus par Pinet et Gentaz (2008) et elle avait encore pour objectif de comparer deux types d'entrainement, V et VH, mais cette fois uniquement pour le carré, le triangle et le rectangle. Les auteurs ont travaillé en considérant que les figures à l'étude constituaient des catégories qui incluaient chacune un nombre infini d'exemples partageant des propriétés communes et que le nombre d'exemples en position prototypique présentés pouvait influencer la réussite des élèves. Ils se sont aussi assurés que les entrainements soient dispensés par l'enseignant habituel des élèves, se basant eux-mêmes sur des études soutenant que, lorsqu'une formation concernant les objectifs et le déroulement de l'intervention est donnée aux enseignants, les élèves arrivent aux mêmes résultats que si c'était un chercheur qui avait fait l'intervention. En tout, il y a eu sept séances d'entrainement, deux pour chaque figure et une à titre de révision. Elles ont été réalisées à raison d'une par semaine et pour des sous-groupes de six enfants à la fois. En tout, 72 enfants (33 filles) âgés de 5 ans ont participé à la recherche. Le déroulement des interventions était similaire à celui de Pinet et Gentaz (2008). Le prétest et le post-test présentaient six bons exemples de chaque figure étudiée (carré, rectangle[10], triangle) et 14 figures distractrices. En revanche, les auteurs ont analysé différemment les résultats, pour leur échantillon, en distinguant, parmi les bonnes reconnaissances de figures cibles en six exemples, celles qui étaient en position prototypique des autres. Au départ, le carré était la figure la mieux reconnue, tout comme les exemples en position prototypique de chaque

[10] Parmi les rectangles à reconnaitre au prétest et au post-test, il n'y avait pas de carré.

figure. Après les interventions, les deux groupes ont progressé de manière significative, mais l'amélioration a été plus grande pour les élèves du groupe VH, particulièrement pour la reconnaissance du triangle et du rectangle (il n'y a pas eu de différences entre les groupes pour le carré). De plus, pour les deux groupes, les erreurs ont diminué plus significativement pour le triangle que pour le rectangle. En ce qui concerne les différences par rapport au positionnement des figures, dans le cas du carré, les chercheurs s'attendaient à une augmentation des bonnes reconnaissances des exemples en position non prototypique, ce qui ne fut pas le cas, peut-être, selon eux, à cause de la moyenne déjà élevée dans cette catégorie (4,65 / 6). Dans les deux groupes, les élèves ont progressé davantage pour la reconnaissance des exemples en position non prototypique des rectangles et des triangles que pour la reconnaissance des exemples en position prototypique. Enfin, dans le cas du triangle, l'amélioration de la reconnaissance des figures en position prototypique semblait plus importante pour les élèves du groupe V que du groupe VH. Les auteurs jugent malgré tout que les interventions ont été convaincantes pour l'identification des triangles et des rectangles (Kalenine *et al.*, 2011). Encore une fois, cette recherche ne précise pas s'il y a des différences entre les garçons et les filles et elle ne tient pas compte du fait que la manière dont l'enseignement est dispensé aux élèves peut influencer les résultats.

La troisième étude recensée est celle de Smith *et al.* (2014). Elle a été menée auprès de 110 enfants (52 filles) âgés de trois et quatre ans dans le but de vérifier, à l'intérieur de leur échantillon, si deux méthodes de comparaison (*intra* et *inter-catégorie*) permettaient de soutenir l'apprentissage des propriétés des triangles. Smith *et al*. désiraient également vérifier si ces méthodes de comparaison étaient associées à un apprentissage différent (améliorer la capacité des enfants à reconnaître les bons exemples ou à discriminer les mauvais exemples). Durant la séquence d'enseignement, les enfants se sont vus expliquer les propriétés du triangle[11] via la méthode *intra-catégorie*, qui consiste à présenter deux triangles et à les comparer, ainsi que via la méthode *inter-catégorie*, qui porte sur la comparaison d'un triangle et d'un non triangle. Les auteurs ont mené des analyses de variance multivariées (MANOVA), avec, comme variables indépendantes, le type de comparaison effectué (*intra* et *inter-catégorie*) et la similarité des figures comparées (proches ou loin, autrement dit, prototypiques ou non prototypiques, voir figure 1) et, comme variable dépendante, la sensibilité des enfants à classer correctement les bons triangles et à éviter les mauvaises classifications. Ils ont aussi examiné séparément les effets pour les bonnes et les fausses reconnaissances du triangle. Les résultats ont montré que la sensibilité des enfants à classer correctement les bons triangles et à éviter les mauvaises classifications était significativement plus élevée au deuxième temps de mesure. Cette amélioration a été plus importante pour la méthode *inter-catégorie* que pour la méthode *intra-catégorie* et elle a aussi été observée spécifiquement pour les bonnes reconnaissances du triangle. En effet, bien que l'effet d'interaction type de comparaison*temps soit marginal, les résultats montrent une tendance selon laquelle cette différence entre les deux temps de mesure serait observée uniquement pour la tâche *intra-catégorie*. Selon les auteurs, cela veut dire que cette méthode d'enseignement est celle qui semble permettre aux enfants de reconnaitre un plus grand nombre de triangles, qu'ils soient placés en position prototypique ou atypique. Concernant les fausses reconnaissances du triangle, les résultats se sont révélés significatifs seulement pour la tâche *inter-catégorie,* au post-test, les bonnes reconnaissances ont été plus nombreuses et les fausses reconnaissances ont diminué par rapport au prétest. L'effet d'interaction similarité des figures*temps de mesure significatif suggère que la diminution des erreurs est présente

[11] Les propriétés ont été décrites dans un vocabulaire accessible aux élèves d'âge préscolaire, par exemple il leur était demandé de compter le nombre le côtés et le nombre de coins de chaque figure (Fisher, Hirsh-Pasek, Newcombe et Golinkoff, 2013a).

uniquement chez le groupe ayant comparé un triangle et un non-triangle avec une apparence semblable (proche). Cela signifie que, pour réduire le nombre d'erreurs de reconnaissance, la méthode la plus efficace semble être de demander aux enfants de comparer un triangle avec une autre figure qui n'est pas un triangle mais qui lui ressemble. Cette étude ne précise toutefois pas s'il y a des différences entre les garçons et les filles ; elle n'apporte pas de résultats sur la reconnaissance du rectangle et elle a été menée auprès d'enfants plus jeunes que ceux ciblés pour la présente recherche.

La quatrième étude recensée, menée par Fisher *et al.* (2013b), est une étude quasi-expérimentale avec groupe témoin non équivalent. À l'intérieur de cette étude, l'efficacité de trois approches pédagogiques (*jeux dirigés*, *enseignement didactique*, *jeux libres*), visant l'augmentation de la reconnaissance des figures géométriques (triangle, rectangle, pentagone, hexagone) chez les enfants âgés de quatre et cinq ans, a été comparée. Au total, 60 enfants (29 filles) ont été répartis dans les trois groupes expérimentaux, le groupe exposé à la condition *jeux libres* constituant le groupe témoin. Au post-test, les enfants ont trié les figures présentées, plaçant les bons exemples (exemples prototypiques et atypiques) dans une boite et les fausses représentations (exemples non valides) dans une poubelle. Pour leur échantillon, des analyses préliminaires ont été conduites pour vérifier si l'âge et le sexe de l'élève influençaient les résultats de reconnaissance des figures prototypiques, atypiques et non valides. Comme ces résultats se sont révélés non significatifs, l'âge et le sexe n'ont pas été considérés dans les autres analyses. Les résultats d'une analyse de variance multivariée (MANOVA) portant sur l'impact des approches pédagogiques ont montré au post-test, une différence significative entre les trois groupes pour les bonnes reconnaissances des exemples prototypiques et atypiques des figures, ce qui ne fut pas le cas pour les exemples non valides. Plus spécifiquement, les enfants ayant participé à l'approche par *jeux dirigés* ont identifié en moyenne un plus grand nombre de bons exemples de figures prototypiques et atypiques que les enfants exposés aux deux autres approches. Les chercheurs ont procédé à une mesure de relance qui a été conduite une semaine après le post-test. Comme aucune différence entre les trois groupes n'a été observée, les résultats suggèrent que la condition expérimentale n'a pas eu d'effet sur la reconnaissance des figures une semaine après la fin de l'intervention. Des analyses complémentaires ont montré une tendance selon laquelle la reconnaissance des figures au post-test différait en fonction de la condition expérimentale. En effet, alors que les enfants des groupes *jeux dirigés* et *enseignement didactique* reconnaissaient de manière équivalente les exemples prototypiques des quatre figures à l'étude, les enfants du groupe *jeux libres* reconnaissaient un nombre significativement plus élevé de rectangles que de triangles et de pentagones. Ces différences n'ont pas été observées pour les figures atypiques et non valides. Cette étude, qui ne comprenait pas de prétest, n'a pas permis de comparer l'amélioration de la reconnaissance des figures par les enfants en fonction de l'approche pédagogique. De plus, même si cette étude a considéré l'effet sexe dans ses analyses préliminaires, ces analyses n'ayant pas permis de déceler des différences entre les garçons et les filles, le sexe n'a pas été considéré dans les analyses principales. Par conséquent, les résultats obtenus s'appliquent autant aux garçons qu'aux filles.

La cinquième étude recensée est celle de Casey *et al.* (2008). Ces chercheurs ont présenté les résultats de deux études, réalisées auprès de garçons et de filles d'âge préscolaire provenant de milieux défavorisés, portant sur le développement de leurs compétences en géométrie. La première étude avait pour objectif de déterminer si l'enseignement de la géométrie fait à partir d'une histoire était plus efficace lorsqu'il était accompagné de matériel de manipulation. Elle a été réalisée auprès de 155 enfants (81 filles) fréquentant le préscolaire à mi-temps et faisant partie de 12 classes. Répartis aléatoirement dans les groupes, 76 enfants (41 filles) ont constitué le groupe expérimental disposant du matériel de manipulation pour accompagner l'enseignement de la géométrie fait à partir d'une histoire tandis que 79 enfants (39 filles) ont formé le groupe témoin ayant seulement accès à l'histoire pour accompagner l'enseignement de la géométrie. La seconde étude de Casey *et al.* (2008) avait pour objectif de vérifier si l'utilisation d'une histoire pour accompagner l'enseignement de la géométrie favorisait l'apprentissage chez les enfants. Elle a été réalisée auprès de 63 enfants (31 filles). Ces enfants, qui faisaient partie de quatre classes, ont été réparties aléatoirement afin de former le groupe expérimental et le groupe contrôle. Au total, 35 enfants de deux classes (22 filles) formaient le groupe expérimental bénéficiant d'histoires pour accompagner l'enseignement de la géométrie alors que les 28 enfants des deux autres classes (12 filles) constituaient le groupe témoin recevant l'enseignement de la géométrie avec le matériel habituel. Pour chaque étude, deux tests ont été réalisés. Le premier test est celui qui se rapproche le plus des exercices réalisés lors de la séquence d'enseignement, où les élèves doivent reproduire un motif en plaçant des triangles afin d'obtenir un résultat qui a les mêmes formes, couleurs et la même orientation que le motif présenté. Le deuxième test invite les élèves à combiner plusieurs pièces (carré, triangle, rectangle et parallélogramme) afin de remplir le dessin d'un polygone qui se trouve sur un carton. Les résultats, pour leur échantillon, indiquent que l'ensemble des élèves se sont améliorés entre le prétest et le post-test pour la première et la seconde étude. De plus, pour le premier test de la première étude et les deux tests de la seconde étude, les élèves du groupe expérimental se sont améliorés davantage entre les deux temps de mesure que les élèves du groupe témoin. En ce qui concerne les différences de sexe, dans la première étude, l'effet d'interaction groupe*sexe*temps est significatif pour le premier test uniquement. Les analyses des effets simples montrent que cette amélioration a été plus importante pour les filles du groupe expérimental, qui bénéficiaient du matériel de manipulation, que pour les filles du groupe témoin. Chez les garçons, toutefois, l'amélioration entre les deux temps de mesure était équivalente pour le groupe expérimental et le groupe témoin. Dans la seconde étude, une différence a été observée entre les garçons et les filles, mais uniquement pour le deuxième test. Plus spécifiquement, l'effet d'interaction sexe*temps suggère que les filles se sont améliorées plus significativement que les garçons pour l'ensemble des figures. L'effet d'interaction groupe*sexe*temps n'étant pas significatif, ces différences entre les garçons et les filles sont les mêmes pour deux groupes (Casey *et al.*, 2008). Cette étude, même si elle permet d'obtenir des premières indications sur les différences entre les garçons et les filles et qu'elle s'appuie sur la littérature jeunesse comme modalité d'enseignement en mathématiques, elle ne porte pas sur la reconnaissance des figures géométriques.

1.4 L'UTILISATION DE LA LITTÉRATURE JEUNESSE POUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à l'utilisation de la littérature jeunesse en mathématiques, pour déterminer si cela avait un effet sur l'engagement des élèves (Haack, 2011; Hong, 1996; Raymond, 1995) ou sur leur rendement (Keat et Wilburne, 2009). Les résultats d'études ont également montré que l'enseignement des mathématiques grâce à la littérature jeunesse comporte de nombreux avantages pour les deux parties : l'élève se sentirait plus motivé (Haack, 2011; Hong, 1996; Jennings *et al.*, 1992; Raymond, 1995; Tucker *et al.*, 2010; Voyer *et al.*, 2018; Whittin et Wilde, 1992; Wilburne et Napoli, 2008), moins intimidé par les mathématiques et plus apte à transférer ses connaissances dans d'autres situations, par exemple dans la vie courante (Jennings *et al.*, 1992; Tucker *et al.*, 2010; Voyer *et al.*, 2018; Whittin et Wilde, 1992; Wilburne et Napoli, 2008), tandis que l'enseignant verrait d'un bon œil le contexte positif de ce type d'apprentissage (Haack, 2011; Hong, 1996; Keat et Wilburne, 2009; Wilburne et Napoli, 2008), différent de la séquence habituelle de mémorisation de faits, suivie d'exercices individuels. Malgré tout, il est important de rappeler que ce n'est pas parce qu'un livre présente des concepts mathématiques qu'il est obligatoirement approprié à leur apprentissage (Marston, 2010).

Pour l'enseignement des mathématiques, particulièrement celui de la géométrie, des auteurs ont conçu une série de six livres, *Round the Rug Math : Adventures in Problem Solving* (Casey, Kersh et Young, 2004). Ces livres présentent des histoires où les élèves du préscolaire jusqu'à la deuxième année du primaire sont invités à suivre des personnages dans différentes aventures et à les aider à résoudre des problèmes. Par exemple, le livre intitulé *Teeny Visits Shapeland* (Casey *et al.*, 2004) présente l'histoire d'une tortue ronde, *Teeny*, qui se rend à *Shapeland* pour rencontrer des amis aux formes différentes des siennes. L'objectif de ce livre est d'amener les enfants à comprendre et à identifier les propriétés de chaque forme, à deux ou à trois dimensions, à saisir les relations entre elles et les classer en différentes catégories. Conscients des différences entre les garçons et les filles pour l'apprentissage des mathématiques, des auteurs ont également pris soin de développer du matériel qui serait attrayant pour les filles (Casey *et al.*, 2004). Ils ont également invité les enseignants à combiner leurs lectures avec l'utilisation du matériel de manipulation suggéré pour que les élèves soient en mesure de réaliser le travail demandé de manière concrète et faciliter l'acquisition de nouvelles connaissances pour tous.

Même si les livres de Casey, Kersh et Young (2004) présentent plusieurs concepts géométriques, ils n'abordent pas directement le sujet qui nous préoccupe, soit la reconnaissance des figures géométriques planes — triangle et rectangle — lorsque celles-ci sont placées dans des positions atypiques.

À notre connaissance, l'état actuel des recherches sur l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie plane au primaire comporte des zones d'ombre sur lesquelles nous souhaitons apporter un certain éclairage. C'est à la suite de ce constat que nous avons formulé notre problème de recherche et que nous avons déterminé l'objectif général de ce mémoire.

1.5 LE PROBLÈME DE RECHERCHE

Il est essentiel que les élèves du premier cycle du primaire soient en mesure d'identifier les figures géométriques planes à l'étude, quelle que soit leur apparence, ainsi que d'en donner une description juste[12]. Ayant mené des recherches sur les figures géométriques, plus particulièrement sur la reconnaissance des figures planes à maîtriser au premier cycle du primaire, certains chercheurs ont montré que le triangle et le rectangle sont plus difficiles à reconnaitre que le cercle et le carré, car ils peuvent prendre plusieurs aspects (Hannibal, 1999; Kalenine *et al.*, 2011; Pinet et Gentaz, 2007; Pinet et Gentaz, 2008) et qu'il y a une plus grande quantité de propriétés à traiter pour être en mesure de les identifier correctement (Kalenine *et al.*, 2011; Pinet et Gentaz, 2008). Les figures présentées dans une position atypique seraient également plus difficiles à reconnaitre que celles en position prototypique (Clements *et al.*, 1999; Fisher *et al.*, 2013b; Pinet et Gentaz, 2007). De plus, la recherche montre que les élèves voient principalement les exemples prototypiques de chaque figure et très peu de figures ayant un positionnement atypique. À cause de cela, plusieurs d'entre eux se fient principalement à l'apparence d'une figure plutôt qu'à ses propriétés et cela occasionne des erreurs de reconnaissance (Smith *et al.*, 2014). De plus, malgré le fait que les garçons et les filles ne réussissent pas avec autant de facilité des épreuves de visualisation spatiale et de rotation mentale (Declercq, 2008; Moè, 2018), très peu d'études se sont intéressées à l'efficacité des pratiques enseignantes utilisées pour enseigner les concepts mathématiques, en particulier pour la reconnaissance des figures, en fonction du sexe des élèves. Les connaissances actuelles ne permettent pas

[12] Tel que mentionné précédemment, il importe de demeurer nuancé dans la lecture des prescriptions des documents officiels. Pour effectuer cette description, les mots de vocabulaire identifiés dans la *Progression des apprentissage* (MELS, 2009) constituent une injonction contradictoire.

de déterminer si certaines pratiques sont plus efficaces pour l'apprentissage des garçons ou des filles.

Pour que les élèves fassent abstraction des caractéristiques accidentelles[13] des figures géométriques planes et qu'ils parviennent à en dégager les propriétés définitoires, il semble pertinent de les exposer, rapidement après leur entrée à l'école primaire, à des représentations atypiques de celles-ci. En effet, les études sur lesquelles nous nous sommes appuyées pour élaborer cette recherche ont fait la preuve que de présenter plusieurs exemples d'une figure, en position prototypique ou atypique et même des exemples non valides, en prenant soin de présenter les propriétés de chacune, contribuait à l'amélioration de la reconnaissance de ces figures par des élèves du premier cycle du primaire (Fisher *et al.*, 2013b; Kalenine *et al.*, 2011; Pinet et Gentaz, 2008). Cependant, nous avons souhaité dépasser le cadre des pratiques traditionnelles de l'enseignement des mathématiques (de type présentation de la notion à l'étude et exercices) et offrir aux enseignants ainsi qu'aux élèves une situation d'enseignement différente, une tâche plus ludique qui pourrait plaire même à ceux qui se disent moins compétents en mathématiques. Pour cela, nous avons procédé à la conception et à la mise à l'essai d'une séquence d'enseignement originale, portant sur deux figures géométriques planes présentées dans des positions atypiques et accompagnées de leurs propriétés. Nous avons élaboré chaque séance d'entrainement autour d'un livre spécialement conçu pour cette recherche. Les élèves ont ainsi pu réinvestir leurs connaissances géométriques afin d'aider deux personnages géométriques à retrouver les membres de leurs familles. En ayant la possibilité de faire des allers-retours entre l'aventure proposée dans le texte et leurs connaissances, les élèves ont pu alors utiliser le contexte, ce qui a pu contribuer à soutenir leur raisonnement (Moulin et Deloustal-Jorrand, 2015; Voyer *et al.*, 2018). Cette séquence d'enseignement a servi à évaluer s'il y avait

[13] Les caractéristiques accidentelles peuvent être, par exemple, la taille, l'orientation ou la couleur d'une figure.

amélioration de la reconnaissance des figures à l'étude par les garçons et les filles de la première année du premier cycle du primaire. Comme des recherches précédentes ont montré que la reconnaissance du triangle et du rectangle est plus difficile pour les élèves en début de scolarité (Kalenine *et al.*, 2011; Pinet et Gentaz, 2008), ces deux figures ont été ciblées pour évaluer l'effet de l'exposition aux figures atypiques sur la reconnaissance des figures géométriques planes.

En plus de répondre aux exigences curriculaires, la séquence d'enseignement planifiée pourrait permettre de favoriser la reconnaissance des figures géométriques, cette capacité étant un préalable indispensable aux apprentissages élémentaires en mathématiques (Kalenine *et al.*, 2011). Elle est également préalable aux apprentissages prescrits au deuxième cycle du primaire, qui sont principalement de l'ordre de la classification des quadrilatères et de la description des polygones convexes et non convexes (MELS, 2009). Enfin, la reconnaissance des figures géométriques joue un rôle très important pour le développement de l'orientation spatiale (Kalenine *et al.*, 2011), une habileté qui pourra être utile non seulement pour les apprentissages ultérieurs en mathématiques, mais aussi dans la vie quotidienne des élèves.

1.6 L'OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA RECHERCHE

Nous avons pour objectif général d'évaluer si l'exposition à des représentations atypiques de triangles et de rectangles, accompagnée de la description de leurs propriétés, est associée à des différences lors de la reconnaissance de ces figures par les garçons et les filles de la première année du premier cycle du primaire.

1.7 LA PERTINENCE SOCIALE

Sur le plan social, les résultats découlant de la présente recherche devraient avoir un impact positif sur la pratique enseignante. En effet, les enseignants pourraient prendre davantage conscience de l'importance d'utiliser des exemples de figures planes variés et non prototypiques, même si les limites actuelles ne sont pas tant dans la réticence des enseignants à propos de l'enseignement de la géométrie plane que dans la pauvreté des ressources. Grâce à la séquence d'enseignement et aux outils élaborés dans le cadre de la présente recherche, les enseignants pourront être mieux guidés dans l'enseignement de la géométrie plane en ayant accès à une séquence d'enseignement portant sur l'identification des figures planes grâce à l'examen de leurs propriétés. Cela viendrait répondre à un besoin des enseignants dans la mesure où de telles séquences d'enseignement sont rares, voire absentes des manuels scolaires québécois (Braconne-Michoux, 2014).

Le fait que la séquence d'enseignement développée soit rattachée à la littérature jeunesse pourrait également permettre aux élèves d'apprécier travailler les mathématiques autrement. Ce serait aussi une occasion pour les enseignants de faire de la différenciation pédagogique en présentant d'une autre façon des concepts géométriques aux élèves, en incluant particulièrement ceux qui ont le plus de difficulté. L'élaboration de la présente séquence d'enseignement devrait aider les élèves qui ont de la difficulté dans la reconnaissance des figures planes à développer plus aisément leurs compétences sur cet aspect de la géométrie.

1.8 LA PERTINENCE SCIENTIFIQUE

Grâce aux résultats obtenus à la suite de l'expérimentation, cette recherche de type quasi-expérimental (Van der Maren, 2003) avait pour enjeu la contribution à l'avancement des connaissances scientifiques sur l’enseignement de la géométrie plane, un domaine peu étudié, en particulier au Québec. En effet, la littérature montre que les élèves semblent avoir plus de difficulté à reconnaitre le triangle et le rectangle, particulièrement lorsqu’ils ont des positionnements atypiques (Kalenine *et al.*, 2011; Pinet et Gentaz, 2008). Il a aussi été prouvé que de présenter les figures géométriques dans des positions atypiques, tout en donnant une description de leurs propriétés, aidait à améliorer les résultats de reconnaissance des élèves (Braconne-Michoux, 2014; Pinet et Gentaz, 2008). Toutefois, peu de chercheurs se sont intéressés aux différences entre les résultats obtenus par les garçons et ceux obtenus par les filles. De plus, certaines recherches analysées supposaient que toutes les séances d’entrainement étaient réalisées exactement de la même manière pour tous les groupes, sans égard à l’influence que peut avoir la manière d’enseigner sur la réussite des élèves (Casey *et al.*, 2008; Kalenine *et al.*, 2011; Pinet et Gentaz, 2008; Smith *et al.*, 2014). Ces limites des études précédentes ont servi à orienter le présent devis de recherche.

Après avoir réalisé un tour d’horizon des principales prescriptions curriculaires en matière de géométrie plane et en ayant identifié les principales difficultés reliées à l’enseignement et à l’apprentissage dans ce domaine, l’élaboration du cadre théorique et la formulation d’objectifs spécifiques ont servi à guider la présente recherche.

CHAPITRE 2
CADRE THÉORIQUE

2.1 LE MODÈLE DES NIVEAUX DE PENSÉE EN GÉOMÉTRIE DE VAN HIELE

Ce sont les travaux proposés par le couple van Hiele et van Hiele-Geldof, d'abord présentés dans leurs thèses de doctorat respectives en 1957 aux Pays-Bas (Braconne-Michoux, 2014), qui sont encore à ce jour utilisés comme point de référence dans la majorité des recherches menées en géométrie (Braconne-Michoux, 2014; Clements *et al.*, 1999; Elia, Gagatsis et Kryriakides, 2003; Hannibal, 1999; Hock *et al.*, 2015; Marchis, 2012; Van de Walle et Lovin, 2007). En fait, dès les années 1950, van Hiele s'est intéressé au faible rendement des élèves en géométrie. Il a été surpris de constater que, même si les relations entre les différents théorèmes étaient bien comprises par l'enseignant, ce dernier n'arrivait pas à les expliquer de façon à les faire réellement comprendre et assimiler par les élèves (Braconne-Michoux, 2014; Carpenter, 2004) :

> Les objectifs étaient d'expliquer comment un élève peut passer d'une observation très globale des objets géométriques à leur organisation théorique dans l'exercice de la démonstration ou dans la construction d'un raisonnement hypothético-déductif, et de décrire les conditions d'enseignement qui favoriseraient ce passage pour l'élève (Braconne-Michoux, 2014, p. 25).

Selon van Hiele, cette difficulté dans la transmission des connaissances provient du fait que tout se passe comme s'il y avait plusieurs niveaux de pensée en géométrie qui sont, à l'image d'un escalier, des étapes à franchir ou des concepts à comprendre pour pouvoir accéder au palier supérieur. Cette construction théorique de van Hiele permet de donner une explication à la difficulté que peuvent avoir deux personnes se situant à des niveaux de pensée différents à bien se comprendre (Carpenter, 2004).

2.1.1 Les niveaux de pensée en géométrie

Développée en Europe dans les années 1950, la théorie de van Hiele portant sur les niveaux de pensée en géométrie est encore abondamment utilisée aujourd'hui. Diverses études continuent de s'y référer (Braconne-Michoux, 2009; Carpenter, 2004; Ekimova-Boublil, 2005; Marchand, 2009; Ndolly, 2012), même si le contexte actuel d'apprentissage est bien différent de celui de cette époque. Depuis ses débuts, cette théorie a été maintes fois citée et approuvée, mais elle a également été revue et même contestée (Carpenter, 2004). Par exemple, dans les années 1980, Usiskin (1982) a suggéré de numéroter de 1 à 5 les niveaux définis par van Hiele[14] et « de considérer qu'il y a un niveau 0 avant eux » (Braconne-Michoux, 2014, p. 27) regroupant les élèves qui ne maîtrisent pas le niveau de base (Braconne-Michoux, 2014; Clements et Battista, 1992; Clements *et al.*, 1999; Hannibal, 1999). Selon la schématisation des niveaux de pensée de van Hiele effectuée par Ndolly (2012), voulant mettre « en exergue le principe d'inclusion où chaque niveau reprend ou s'appuie sur les objets et les produits de la pensée des niveaux précédents » (Ndolly, 2012, p. 52), cette nouvelle numérotation, associée à chaque niveau de pensée en géométrie, se décline ainsi (voir figure 2) :

[14] Au départ, van Hiele avait numéroté de 0 à 4 les niveaux de pensée en géométrie.

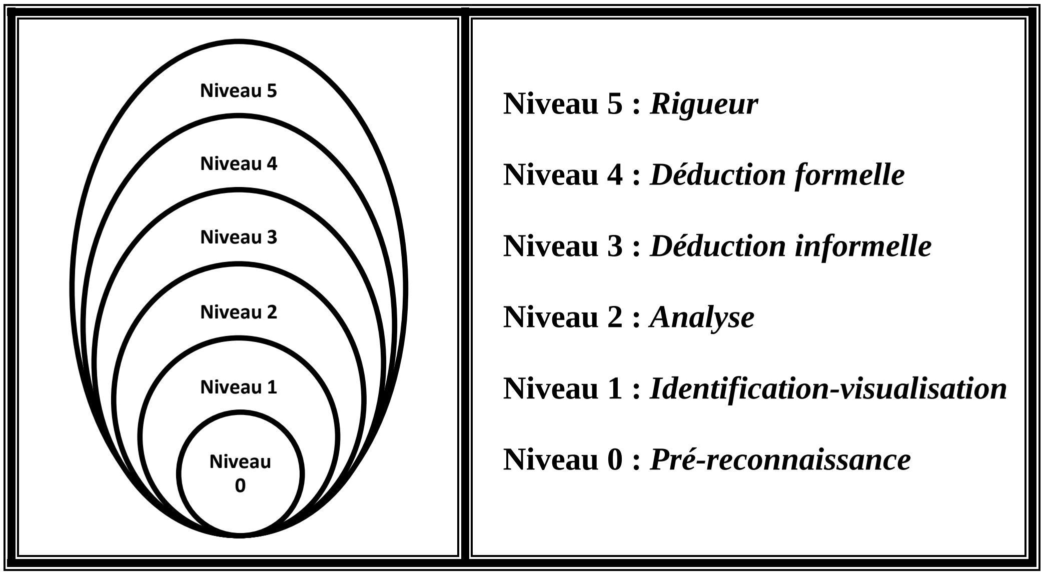


Figure 2 : Schématisation du modèle de van Hiele inspirée de Ndolly (2012, p. 52)

Dans les paragraphes qui suivent, nous effectuons une description succincte de chacun des niveaux de ce modèle.

Niveau 0 : *pré-reconnaissance*[15] (pre-recognition)

L'élève se situant à ce niveau peut percevoir si la figure est rectiligne ou curviligne, mais il n'est pas encore en mesure de distinguer les figures semblables. Par exemple, il peut différencier le cercle du carré, mais pas le carré du triangle (Clements et Battista, 1992). Il peut également confondre certains concepts comme cube et carré ou encore ne pas connaître certains mots comme « rectangle » ou « losange » (Braconne-Michoux, 2014).

Niveau 1 : *identification-visualisation*

L'élève se situant à ce niveau reconnait les figures uniquement grâce à leur apparence ou à leur aspect global. En fait, il compare les figures avec des prototypes qu'il a en mémoire, sans égard aux propriétés de ces figures. À titre d'exemple, « [un] élève à ce

[15] Traduction libre.

niveau pourra justifier qu'une figure est un rectangle parce qu'elle ressemble à une porte, qu'une autre est un carré parce que ça se voit » (Braconne-Michoux, 2014, p. 27). La reconnaissance est basée uniquement sur les perceptions de l'élève et non fondée sur un raisonnement géométrique (Braconne-Michoux, 2014; Mason, 2009).

Selon Burger et Shaughnessy (1986, dans Braconne-Michoux, 2009), il est possible de caractériser ce niveau par :

- l'usage de propriétés (ou de qualités) imprécises pour comparer les dessins et pour identifier, caractériser et trier les formes;
- la référence à des prototypes visuels pour caractériser les formes;
- l'inclusion d'attributs non pertinents pour identifier ou décrire les formes comme l'orientation de la figure dans la page;
- l'incapacité à concevoir une variété infinie de types de formes;
- des tris incohérents, c'est-à-dire des tris selon certaines propriétés qui ne sont pas celles des formes sélectionnées;
- l'incapacité à utiliser les propriétés comme des conditions nécessaires pour déterminer une forme, par exemple deviner une forme cachée à partir d'indices largement insuffisants, comme si ces indices suggéraient une image visuelle (Braconne-Michoux, 2009, p. 26).

Niveau 2 : *analyse*

En mathématiques, une définition « est une description nécessaire et suffisante d'un objet, et elle doit avoir un caractère "minimaliste" » (Braconne-Michoux, 2014, p. 28). Cependant, « [à] ce niveau, l'élève connaît la liste des propriétés des figures, comme s'il s'agissait d'un inventaire » (Braconne-Michoux, 2014, p. 28). Autrement dit, bien que l'élève soit en mesure de nommer les propriétés des figures, il n'est pas encore en mesure de comprendre les relations existant entre elles. Il confond liste des propriétés et définition mathématique, ce qui l'amène à énoncer toutes les propriétés qu'il connaît au lieu de s'en tenir à celles qui sont nécessaires et suffisantes pour décrire une figure (Braconne-Michoux, 2014; Mason, 2009).

Selon Burger et Shaughnessy (1986, dans Braconne-Michoux, 2009), ce niveau est également caractérisé par :

- la comparaison des formes au moyen des propriétés de leurs composantes;
- le refus de l'inclusion des classes à l'intérieur de formes de types plus généraux comme les quadrilatères;
- le tri par un seul des critères comme les propriétés des côtés, tout en négligeant les angles, les symétries ou autres;
- l'application d'une litanie de propriétés nécessaires au lieu de déterminer des propriétés suffisantes pour identifier une forme, expliquer des identifications et décider à propos d'une forme cachée;
- la description des types de formes par l'usage explicite de leurs propriétés, plutôt que par le nom des formes elles-mêmes, même s'il est connu. Par exemple, l'élève parle d'un rectangle en disant qu'il s'agit d'une figure ayant quatre côtés et quatre angles droits;
- le rejet explicite des définitions des formes telles que présentées dans les manuels pour garder ses propres caractérisations;
- traiter la géométrie comme la physique au moment de mettre à l'épreuve la validité d'une proposition : par exemple, s'appuyer sur un grand nombre de dessins et faire des observations à leur propos;
- une absence explicite de la compréhension de la preuve en mathématique (démonstration) (Braconne-Michoux, 2009, p. 28).

Niveau 3 : *déduction informelle*

Ici, l'élève organise les propriétés des figures de façon à comprendre les relations qui existent entre elles ainsi qu'entre les différentes figures. L'élève est capable de donner une définition mathématique nécessaire et suffisante ainsi que de justifier son raisonnement. C'est aussi à ce niveau qu'il comprend l'inclusion des classes, par exemple qu'un carré est un rectangle particulier (Braconne-Michoux, 2014; Mason, 2009).

Niveau 4 : *déduction formelle*

À ce niveau, l'élève « maîtrise la distinction entre les définitions [et il a compris que] la seule preuve acceptable est la démonstration formelle (Braconne-Michoux, 2014, p. 29). L'élève est donc en mesure de construire une preuve qui va au-delà de la mémorisation de propriétés géométriques (Braconne-Michoux, 2014; Mason, 2009; Ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2006).

Niveau 5 : *rigueur*

Van Hiele avait d'abord imaginé que ses élèves arriveraient à développer d'autres géométries plus complexes. Il a ensuite affirmé « qu'un tel niveau était de moindre importance […] et ensuite que ce même niveau n'existait peut-être même pas » (Braconne-Michoux, 2014, pp. 29-30).

Selon van Hiele, les niveaux de pensée en géométrie sont hiérarchisés et un élève doit en avoir maîtrisé un avant de pouvoir passer au suivant (Braconne-Michoux, 2014). Cependant, les recherches de Burger et Shaughnessy en 1986, suivies de celles de Clements et Battista (1992) et de Braconne-Michoux (2014) ont montré qu'un même élève pouvait se situer à des niveaux de pensée différents selon l'objet à l'étude ou sa familiarité avec le contenu enseigné. Cela complique la tâche de l'enseignant, car les élèves du même âge d'une même classe ne se situent pas nécessairement tous au même niveau de pensée en géométrie. En effet, le passage d'un niveau à l'autre dépend des apprentissages réalisés dans ce domaine et non de l'âge (Carpenter, 2004; Hock *et al.*, 2015; Skoumpourdi et Mpakopoulou, 2011; Van de Walle et Lovin, 2007), même si parfois il est possible de noter une progression sans qu'il n'y ait eu un enseignement formel de la géométrie en classe (Clements, Wilson et Sarama, 2004).

À chaque niveau de pensée correspond aussi un langage particulier. Par exemple, le mot « carré » n'aura pas le même sens pour un élève de maternelle qui a un carré en carton entre les mains que pour un élève du secondaire qui doit en mesurer la diagonale (Braconne-Michoux, 2014).

De plus, certains termes comme « solide, forme, carré, rectangle… désignent à la fois des objets géométriques et des objets concrets. Les premiers devraient pourtant être distingués des seconds car ils en constituent des modèles et ne peuvent, de ce fait, leur être assimilés » (Noirfalise et Matheron, 2009, p. 53). Par exemple, « on ne saurait identifier le concept de "maison" à la réalisation d'un enfant qui dessine la sienne; un tel dessin est un représentant d'une maison et ne se confond ni avec cette maison, ni avec le "concept" qu'il évoque » (Noirfalise et Matheron, 2009, p. 53).

Ndolly (2012) nomme aussi certains verbes correspondant à ce que les élèves peuvent faire à chaque niveau. Par exemple, pour le niveau *identification-visualisation* : « Reconnaître (globalement), identifier, pointer, nommer, etc. » (2012, p. 53) et pour le niveau *analyse* : « classifier, interrelier, déduire, justifier, définir, etc. » (2012, p. 53).

Concrètement, la théorie des niveaux de pensée en géométrie de van Hiele (1959) devrait permettre à l'enseignant de déterminer le niveau de pensée de ses élèves (qui ne sont pas nécessairement tous au même niveau de pensée), le guider dans le choix des exercices à court et à plus long terme afin d'amener chaque élève à progresser et à passer au niveau supérieur ainsi que l'aider à anticiper les difficultés des élèves (Braconne-Michoux, 2014; Mason, 2009).

Même si les curriculums scolaires au Québec ne font pas mention des niveaux de pensée de van Hiele (1959), ils respectent la même progression (Mason, 2009). Les élèves qui entrent au primaire se situent majoritairement au niveau *pré-reconnaissance* ou au niveau *identification-visualisation*, et à la fin de la sixième année du primaire, ils devraient idéalement atteindre le niveau *analyse* et amorcer le niveau *déduction informelle* (Braconne-Michoux, 2014).

Reprenant Hoffer (1981), Braconne-Michoux (2009) a précisé les compétences de base à acquérir en géométrie pour chaque niveau de pensée. Le tableau 1 reprend l'information concernant le niveau *identification-visualisation*, correspondant en grande partie aux objectifs précisés dans le *Programme de formation de l'école québécoise* (MEQ,

2001) pour l'éducation préscolaire et concernant le niveau *analyse*, correspondant en grande partie aux objectifs précisés dans le *Programme de formation de l'école québécoise* (MEQ, 2001) et dans la *Progression des apprentissages Mathématique* (MELS, 2009) pour le premier cycle du primaire.

Tableau 1 : Compétences de base en géométrie (Hoffer 1981 *Mathematics Teacher January 1981* d'après van Hiele) (extrait de Braconne-Michoux, 2009, pp. 37-38)

	Niveau 1 : Identification	Niveau 2 : Analyse
Visuelles	Reconnaît les différentes figures à partir d'une image	Remarque les propriétés d'une figure Identifie une figure comme une partie d'une figure plus grande (reconnaît les sous–figures)
Verbales	Associe le nom correct à une figure donnée	Décrit correctement les diverses propriétés d'une figure
Graphiques	Fait des schémas des figures, les éléments donnés étant correctement étiquetés	Traduit une information verbale en une image Utilise des propriétés données des figures pour dessiner ou construire les figures
Logiques	Conçoit qu'il existe des différences et des ressemblances dans différents types de figures Comprend la conservation de la forme des figures dans diverses positions	Comprend que les figures peuvent être classées en différents types Conçoit que les propriétés peuvent être utilisées pour distinguer les figures
Appliquées (techniques)	Reconnaît les formes géométriques dans différents objets	Reconnaît les propriétés géométriques des objets physiques Peut représenter un phénomène physique sur papier ou le modéliser

Après avoir analysé plusieurs activités présentées dans des manuels scolaires destinés aux élèves du primaire du Québec, Braconne-Michoux (2014) a été étonnée de constater l'absence d'activités de niveau *analyse*, activités jugées essentielles pour qu'un élève arrive à faire le pont entre les niveaux *identification-visualisation* et *déduction informelle*. Ces activités de niveau *analyse* sont pourtant celles qui devraient permettre aux élèves de reconnaitre les figures géométriques grâce à leurs propriétés et quelle que soit leur apparence.

2.1.2 Les phases à l'intérieur de chaque niveau de pensée en géométrie

Pour l'apprentissage de chaque objet d'étude en géométrie, van Hiele (1957, dans Braconne-Michoux, 2014) a défini cinq phases :

1. L'INFORMATION : en réinvestissant les connaissances de l'élève, l'enseignant met l'élève en contact avec un nouvel objet d'étude (par exemple : le triangle);
2. L'ORIENTATION DIRIGÉE : grâce à l'enseignant, l'élève explore la structure d'un concept spécifique (par exemple : les propriétés du triangle, ses diverses représentations);
3. L'EXPLICATION : l'élève organise l'information, explique dans ses propres mots ce qu'il a appris et assimile un vocabulaire précis (par exemple : sommet, côtés, figure plane, ligne brisée et fermée);
4. L'ORIENTATION LIBRE : l'élève vérifie sa compréhension du concept en exécutant différentes tâches, en effectuant des résolutions de problèmes préparées par l'enseignant (par exemple : identifie les triangles parmi toutes ces figures planes);
5. L'INTÉGRATION : l'élève réinvestit de façon autonome les connaissances acquises et il peut résumer ce qu'il a appris (par exemple : c'est un triangle,

car c'est une figure plane qui a trois côtés, trois sommets et qu'il est formé d'une ligne brisée et fermée) (Braconne-Michoux, 2014; Mason, 2009).

La présence de ces différentes phases suggère qu' « un même élève pourra avoir atteint des niveaux de pensée différents selon les apprentissages réalisés et [qu']il ne pourra pas être "caractérisé" par la maîtrise d'un niveau de van Hiele sur l'ensemble de ses connaissances en géométrie » (Braconne-Michoux, 2014, p. 27). Ainsi, par exemple, un même élève ne se situera pas nécessairement au même niveau pour toutes les figures géométriques à l'étude.

2.2 La reconnaissance des figures géométriques : état des recherches

La reconnaissance des formes géométriques planes a déjà fait l'objet de plusieurs recherches, dont celles de Mayberry (1983), de Clements et Battista (1992), de Marchis (2012), de Pinet et Gentaz (2007; 2008) et de Clements *et al*. (1999). Il en ressort différents constats.

Dans leurs recherches, Pinet et Gentaz (2008) ont montré que la figure la plus facilement reconnue par des enfants âgés de quatre à six ans était le cercle (99 %), suivie du carré (73 %), du rectangle (64 %) puis du triangle (53 %). Cela s'expliquerait par le fait que les cercles et les carrés sont tous semblables, mais que les triangles ou les rectangles peuvent prendre une multitude de formes atypiques (Clements *et al.*, 1999). Selon Pinet et Gentaz (2008), le rectangle est la figure la plus difficile à reconnaitre et, comme cela a été dit précédemment, cela peut, entre autres, s'expliquer par le fait que l'élève doit traiter un grand nombre de propriétés. D'autres recherches ont montré que des élèves de cinq et six ans commencent à dépasser la simple reconnaissance visuelle des figures, mais que cela demeure plus complexe à faire pour certaines figures comme le triangle et le rectangle

(Clements *et al.*, 1999; Pinet et Gentaz, 2007). Cela va dans le même sens que les résultats obtenus par Hannibal (1999), qui a conclu qu'aucun enfant de six ans n'a réussi à identifier correctement tous les triangles ou les rectangles présentés sous des aspects atypiques. Elle explique ce fait en affirmant que, à six ans, les concepts de triangle et de rectangle sont encore en formation. Cependant, elle a dit observer que la compréhension de ces concepts semble en croissance par rapport à celle des enfants de quatre ans.

Pour chacune des figures géométriques planes, les exemples prototypiques sont plus facilement reconnus que les autres (Pinet et Gentaz, 2007). En effet, la reconnaissance d'une figure consiste à la comparer « avec un prototype que l'on a stocké en mémoire. Ce prototype occupe une position particulière induite par l'expérience sociale et scolaire » (Charnay et Mante, 2016, p. 354). Ainsi, l'enseignement fait en n'utilisant que des formes prototypiques devrait être rejeté (Clements *et al.*, 1999), car « l'élève ne dispose pas d'images mentales des figures qu'il doit reconnaitre » (Charnay et Mante, 2016, p. 355).

Selon une étude effectuée par Fischer, Ferdinandsen et Bornstein (1981), dès l'âge de quatre mois, un enfant utilise la symétrie verticale pour analyser les formes qu'il voit. En grandissant, les enfants reconnaissent mieux les figures ayant un plus grand nombre d'axes de symétrie (Pinet et Gentaz, 2007).

En résumé, dans l'ordre, le cercle est la figure la plus facile à reconnaitre, puis viennent le carré, le rectangle et enfin le triangle (Clements *et al.*, 1999; Pinet et Gentaz, 2007), et ce sont les exemples prototypiques de ces figures qui sont les plus facilement reconnus.

2.3 LES SOUS-OBJECTIFS DE RECHERCHE

Comme mentionné précédemment, l'objectif général de recherche est d'évaluer si l'exposition à des représentations atypiques de triangles et de rectangles, accompagnée de la description de leurs propriétés, est associée à des différences lors de la reconnaissance de ces figures par les garçons et par les filles de la première année du premier cycle du primaire. Il est à noter que nous nous intéressons ici, pour chacune des figures géométriques, aux bonnes reconnaissances (nombre de figures cibles cochées) ainsi qu'aux fausses reconnaissances (nombre de figures distractrices cochées).

Un objectif préliminaire, visant à vérifier la fidélité de la mise en place de la séquence d'enseignement, nous permet de déterminer si l'enseignement donné correspond à ce qui était prévu au protocole remis à chaque enseignante (réalisation des activités prévues et durée des rencontres) (Dusenbury, Brannigan, Falco et Hansen, 2003). Même si tous les auteurs ne sont pas de cet avis, certains soutiennent qu'une implantation fidèle peut contribuer à améliorer l'efficacité de la séquence d'enseignement (Durlak, 2010; Dusenbury *et al.*, 2003) et qu'il est primordial de l'évaluer (Kutash, Duchnowski et Lynn, 2009). Des différences dans les résultats obtenus pour la fidélité de l'implantation pourront contribuer à expliquer pourquoi ce ne sont pas exactement les mêmes résultats qui ont été obtenus dans chacun des groupes (Dane et Schneider, 1998; Durlak, 2010).

Nous avons également pour sous-objectifs, pour la séance d'entrainement portant sur le triangle, pour la séance d'entrainement portant sur le rectangle et pour l'interaction entre les deux séances d'entrainement :

1. De vérifier s'il existe un effet modérateur du groupe (de l'enseignant) sur le lien entre la séance d'entrainement et la reconnaissance des figures;
2. De vérifier s'il existe un effet modérateur du sexe sur le lien entre la séance d'entrainement et la reconnaissance des figures;

3. De vérifier s’il existe un effet d’interaction entre le sexe et le groupe sur le lien entre la séance d’entrainement et la reconnaissance des figures.

CHAPITRE 3
MÉTHODOLOGIE

Afin de vérifier l'impact de la séquence d'enseignement sur la capacité des élèves du premier cycle du primaire à reconnaitre des représentations atypiques de triangles et de rectangles, ce chapitre présentera l'élaboration de la séquence d'enseignement, l'échantillon, les instruments de mesure utilisés, le devis de recherche, la méthode de collecte de données, les considérations éthiques et le plan d'analyse des données utilisé.

3.1 L'ÉLABORATION DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT

En mettant en lumière les prescriptions curriculaires en géométrie plane au premier cycle du primaire, en identifiant les principales difficultés propres à leur enseignement et leur apprentissage, en se basant sur la théorie des niveaux de pensée de van Hiele et en précisant les apports et les limites des recherches précédentes, il a été possible d'identifier les aspects importants à inclure dans une séquence d'enseignement qui répondent aux besoins de la présente recherche.

Pour la conception de la séquence d'enseignement, il a fallu revenir au point de départ de cette recherche : les figures géométriques planes présentées aux enfants sont majoritairement placées en position prototypique. S'appuyer sur les résultats des études de Pinet et Gentaz (2008), de Kalenine *et al*. (2011), de Smith *et al.* (2014) et de Fisher *et al*. (2013b) rendait nécessaire d'exposer les enfants à des représentations atypiques de ces figures, mais également de leur présenter les propriétés de chacune d'elles.

Afin de créer une situation didactique qui soit à la fois amusante et éducative, mais qui soit aussi attrayante et facile d'accès pour un enseignant, le choix de travailler avec la littérature jeunesse s'est vite imposé. Nos recherches pour trouver un document qui pourrait être utilisé pour ce projet sont demeurées infructueuses.

Pour la présente recherche, nous avons donc décidé de créer un livre de littérature jeunesse en français qui présente à la fois des figures planes dans des positions typiques et atypiques ainsi que la description de leurs propriétés (voir annexe I). Ainsi sont nés deux personnages, Vivianne et Léonard, respectivement un triangle et un rectangle, qui se promènent à vélo et qui tentent de repérer des membres de leur famille. Très tôt, plusieurs exemples de triangles et de rectangles placés en position atypique sont présentés aux élèves. De plus, pour chacune des figures, les propriétés sont énumérées, accompagnées d'exemples, mais également de contre-exemples et de figures non valides. Selon Marchis (2012) et Braconne-Michoux (2014), une bonne définition doit décrire clairement une figure géométrique tout en utilisant un minimum de propriétés. Dans le livre que nous avons conçu, les propriétés décrivant le triangle sont : figure plane, trois côtés, trois sommets, ligne brisée et fermée. Pour le rectangle, les propriétés sont : figure plane, quatre côtés, quatre sommets, ligne brisée et fermée et quatre angles droits. À travers l'histoire, un exercice relié à chaque figure a été prévu pour que les élèves puissent soutenir activement leurs apprentissages.

Il nous apparaissait important de concevoir une activité visant le niveau *analyse* afin de répondre à un besoin, vu le manque de ce type d'activité dans les manuels scolaires québécois, mais également pour amener les élèves à dépasser le niveau *identification-visualisation* pour la reconnaissance des figures (Braconne-Michoux, 2014). En nous basant sur les caractéristiques du niveau *analyse* de Burger et Shaughnessy (1986, dans Braconne-Michoux, 2009), nous avons conçu une activité pour que les élèves puissent comparer plusieurs figures et décrire chaque exemple de figure en référant aux propriétés de la figure à l'étude. Nous avons également pris soin de ne pas aborder certains sujets, comme l'inclusion des classes ou la symétrie par exemple, qui relèvent plutôt du niveau *déduction informelle*.

La création de chaque séance d'entrainement, l'une portant sur le triangle et l'autre sur le rectangle, a également suivi les cinq phases pour un objet d'étude en géométrie définies par van Hiele (1957, dans Braconne-Michoux, 2014). À travers l'histoire, l'élève se voit d'abord présenter la figure géométrique à l'étude (phase information, voir pages 4 et 8 du livre). Grâce à l'enseignant, il explore les propriétés de la figure par le biais d'exemples et de contre-exemples (phase orientation dirigée, voir pages 5 et 9 du livre). Il organise l'information, assimile le nouveau vocabulaire (phase explication). Il vérifie sa compréhension en faisant l'activité de groupe portant sur la reconnaissance des bons exemples de chaque figure (phase orientation libre, voir pages 6 et 7 ainsi que 10 et 11 du livre). L'activité de groupe présente, pour le triangle comme pour le rectangle, huit bons exemples en position atypique de la figure à l'étude (incluant le personnage principal) ainsi que huit contre-exemples, choisis principalement pour leur apparence ou leurs propriétés semblables à la figure à l'étude. En conclusion de l'activité, l'élève voit une image formée uniquement de bons exemples de chaque figure (voir les pages 12 et 13 du livre). Finalement, l'élève réinvestit seul ce qu'il a appris lors de la passation du post-test (phase intégration) (Braconne-Michoux, 2014; Mason, 2009).

Même si le livre a été le même pour les trois enseignants qui ont participé à la recherche, chaque enseignant a eu la possibilité d'adapter son enseignement à la dynamique de sa classe (Douady, 1994). Les adaptations possibles ont tout de même été balisées, détaillées dans le protocole qui a été remis à chaque enseignant (voir annexe II), afin de ne pas affecter la validité de la recherche. Par exemple, l'enseignant qui a dispensé la séquence d'enseignement a peut-être eu à préciser certains termes, selon l'enseignement qu'il a donné depuis le début de l'année scolaire et selon les connaissances de ses élèves à ce sujet.

Il en a été de même pour l'exercice prévu dans le livre, un exercice destiné aux élèves qui s'est déroulé en grand groupe. C'est l'enseignant titulaire de la classe qui a décidé de la réalisation, par exemple, en demandant à un élève de se rendre au tableau pour pointer un bon exemple de la figure à l'étude ou en pointant lui-même une figure et en demandant à un élève de lui indiquer si c'est ou non un bon exemple de la figure et pourquoi. Durant les deux séances d'enseignement, la voix des enseignantes a été enregistrée, puis transcrite en verbatim. Cela nous a permis de consigner les différentes adaptations qui ont pu se produire lors de l'enseignement.

Chaque enseignante a également pu déterminer la plage horaire qui convenait le mieux à ses élèves pour ce type d'apprentissage et choisir si elle faisait une séance d'enseignement par jour ou si elle plaçait deux séances consécutives, selon le degré d'attention de ses élèves. Dans tous les cas, l'objectif demeurait le même : que les élèves puissent reconnaitre une figure d'après l'examen de ses propriétés.

3.2 L'ÉCHANTILLON

La population cible comprend tous les élèves de la première année du premier cycle du primaire fréquentant une école francophone située au Québec. Ces élèves ont été ciblés car ils en sont à leurs premiers apprentissages formels en géométrie. La population accessible correspond aux élèves de ce degré d'enseignement qui fréquentent des écoles primaires de la région bas-laurentienne.

Ayant obtenu un certificat d'éthique pour ce projet, nous avons contacté la direction des services éducatifs de la commission scolaire visée ainsi que les directions des écoles ciblées afin d'obtenir leur aval pour mener notre étude. Une lettre a ensuite été transmise à des enseignantes de la première année du primaire afin de solliciter leur participation à ce projet. En tout, trois enseignantes de première année ont consenti à participer à la recherche. Elles ont été sélectionnées parce qu'elles travaillaient dans une même école primaire, mais également parce qu'elles enseignaient au premier cycle du primaire depuis plusieurs années. En effet, elles se sont avérées être toutes trois des enseignantes d'expérience, avec 20 ans, 18 ans et 8 ans d'ancienneté au moment de l'expérimentation. De plus, la chercheure pouvait être présente dans l'école au moment de l'expérimentation, sans être présente dans leur classe.

Dans le cadre de cette étude, l'échantillon retenu est non probabiliste de type accidentel (Fortin et Gagnon, 2016) et il est formé de 48 élèves (22 garçons et 26 filles) de la première année du premier cycle du primaire qui fréquentent une école située dans une ville de taille moyenne de la région bas-laurentienne. Les élèves qui ont participé à cette recherche sont les élèves des groupes des trois enseignantes qui ont accepté de participer à l'étude. Ils sont répartis en trois groupes : le groupe A (n = 15, soit 8 filles et 7 garçons), le groupe B (n = 17, soit 10 filles et 7 garçons) et le groupe C (n =16, soit 8 filles et 8 garçons).

3.3 LES INSTRUMENTS DE MESURE UTILISÉS

Reconnaissance du rectangle et du triangle. Afin d'évaluer les bonnes reconnaissances (figures cibles) et les fausses reconnaissances (figures distractrices), une feuille-test pour le triangle et une feuille-test pour le rectangle ont été utilisées (voir annexe III). Ces deux feuille-tests, développées par (Pinet et Gentaz, 2008), comprennent le même nombre de figures cibles et de figures distractrices, soit six figures cibles et 14 figures distractrices pour un total de 20 figures par feuille-test. Ces feuille-tests constituent une version améliorée du modèle de Clements *et al*. (1999, voir Pinet et Gentaz, 2008). En effet, Pinet et Gentaz (2008) ont peaufiné ce que leurs prédécesseurs proposaient en contrôlant le nombre d’exemples de chaque figure, leur taille, leur orientation ainsi que la distance entre chacune d’elles, diminuant ainsi la possibilité que ces facteurs externes influencent les réponses des élèves.

Fidélité de l’implantation de la séquence. Afin de nous assurer que les enseignantes ont dispensé la séquence d’enseignement prévue, une grille d’évaluation de la fidélité de l’implantation a été produite, basée sur le protocole qui a été remis à chaque enseignante avant l’expérimentation. Au total, 18 étapes étaient prévues pour la séquence d’enseignement complète, divisée en deux séances, l’une sur le triangle et l’autre sur le rectangle. Cette grille (voir annexe IV) a été remplie pour les trois groupes par la chercheure principale, qui a utilisé le verbatim rédigé à partir de l’enregistrement de la voix des enseignantes afin d’évaluer si les différentes étapes prévues avaient été réalisées. Un indice d’adhésion a été calculé pour chaque groupe, en faisant le rapport entre le nombre d’étapes réalisées et le nombre total d’étapes prévues.

3.4 LE DEVIS DE RECHERCHE

En évaluant un groupe de sujets avant et après une intervention, cette recherche quantitative s’inscrit dans le type de recherche se référant au devis quasi expérimental, plus précisément au devis avant-après à groupe unique (Fortin et Gagnon, 2016). Elle comprend deux temps de mesure : le prétest (T0) et le post-test (T1), chaque groupe ayant été comparé avant et après la séquence d’enseignement (X). Le tableau 2 précise que les trois groupes expérimentaux (E) ont participé de manière successive à l’expérimentation, et que l’ordre dans lequel les étapes se sont déroulées est demeuré le même pour chacun des groupes.

Tableau 2 - Devis de recherche quasi-expérimental

Groupes		**Prétest (T0)**	**Séquence d'enseignement (Intervention)**	**Post-test (T1)**
A	E_1	O_1	X_2	O_3
B	E_2	O_4	X_5	O_6
C	E_3	O_7	X_8	O_9

Note : A, B, C : classes; E : expérimental; X : groupe soumis à l'intervention;
O : observation ou temps de mesure.

3.5 La collecte de données

La collecte de données s'est déroulée au printemps 2018, plus précisément à la fin du mois d'avril et au début du mois de mai. Tous les détails de la préparation précédant l'expérimentation et du déroulement de la séquence d'enseignement sont maintenant présentés.

3.5.1 La préparation précédant l'expérimentation

D'abord, les enseignantes ont fait part à la chercheure de leurs disponibilités pour dispenser la séquence d'enseignement.

Chaque groupe a suivi le même protocole. D'abord, tout le matériel nécessaire a été remis à l'enseignante : une copie par élève des feuilles-test pour le prétest et le post-test à propos du triangle et du rectangle (tiré de Pinet et Gentaz, 2008, p. 42), 10 exemplaires du livre, une enregistreuse, une clé USB contenant les images à projeter au tableau blanc interactif (TBI), une grande enveloppe pour y placer toutes les feuille-tests ainsi qu'un protocole qui détaillait chaque étape du déroulement de la séquence d'enseignement. Ce protocole a été lu avec chaque enseignante et la chercheure a pris le temps de répondre aux questions de chacune et de s’assurer qu’elles soient à l’aise avec la démarche à suivre. La chercheure a recommandé à chaque enseignante de réaliser la totalité de la séquence d’enseignement au cours d’une même semaine, tout en leur précisant qu’elles étaient libres de la réaliser à leur rythme.

La chercheure a offert du soutien aux enseignantes tout au long de l’expérimentation, en amont et en aval de la mise à l’essai, sans toutefois être présente dans la classe à aucune des étapes. La chercheure a également pris en charge les élèves qui ne pouvaient pas participer à la recherche, n’ayant pas reçu l’autorisation parentale pour le faire.

3.5.2 Le déroulement de la séquence d’enseignement

La séquence d’enseignement comporte la passation du prétest, deux séances d’enseignement d’environ 30 minutes ainsi que la passation du post-test. Toutes les étapes ont eu lieu dans la classe habituelle de l’élève.

Dans chacun des groupes, les enseignantes ont d’abord demandé que chaque élève travaille individuellement. Elles leur ont distribué la première feuille-test pour le triangle. Elles se sont assurées que tous les élèves aient bien compris la consigne puisqu’elles ne pourraient pas les aider dans la réalisation de cette tâche. Les enseignantes ont ensuite ramassé toutes les feuilles avant de distribuer la deuxième feuille-test pour le rectangle. Une fois toutes les feuille-tests recueillies, elles les ont placées dans la grande enveloppe, sans les corriger. De plus, elles n’ont donné aucune rétroaction aux élèves après la passation du prétest.

Avant de commencer chaque séance, les enseignantes ont placé les élèves en équipes de deux et elles ont remis à chaque équipe un exemplaire du livre. Les élèves n’ont eu besoin d’aucun autre matériel. Une fois les élèves installés, les enseignantes ont mis en marche l'enregistreuse et elles ont mentionné la date ainsi que l'heure. Lors de la première séance, portant sur le triangle, les enseignantes ont lu les pages 1 à 7 du livre. En faisant la lecture des caractéristiques du triangle de la page 4, chaque enseignante a apporté des précisions. La notion de figure plane avait déjà été étudiée dans chacune des classes. Toutes les enseignantes sont revenues sur la différence entre une figure plane, qui est en deux dimensions, et un solide, qui peut être manipulé, qui est en trois dimensions. Les enseignantes des groupes A et B ont mentionné que « triangle » et « trois » commençaient tous les deux par les lettres « tr », ce qui aidait à retenir qu'un triangle a trois côtés. Les sommets sont décrits par l'enseignante du groupe A comme étant des « pointes », par celle du groupe B comme étant « des petits bouts pointus qui piquent » et par celle du groupe C comme étant « des piquants au bout, la rencontre de deux côtés ». La notion de ligne brisée fermée avait fait l'objet d'une précédente leçon dans chacune des classes. L'enseignante du groupe A a fait référence à une ligne fermée, celle dans laquelle on ne peut pas entrer. L'enseignante du groupe B a donné plusieurs exemples : « tu te souviens de ça les lignes brisées fermées. J'ai pris la ligne, puis je l'ai comme cassée, je l'ai brisée pour faire un triangle, parce qu'au départ, la ligne était droite. Donc je l'ai prise et j'ai été obligé de la plier pour pouvoir faire un triangle, mais en plus, ma ligne, je l'ai fermée. Pas de petite souris qui peut sortir, le triangle est vraiment fermé. Donc si je mettais une petite souris à l'intérieur, un petit hamster, peu importe, il ne pourrait pas sortir de là parce que c'est fermé ». L'enseignante du groupe C a rappelé qu' « une ligne brisée, ce sont toujours des parties qui sont droites, pas de lignes courbes. Une ligne fermée, c'est qu'on n'a pas d'ouverture, il n'y a pas de place, on est enfermé dedans, on ne peut pas se sauver, la ligne se referme complètement ». Par la suite, grâce au tableau blanc interactif (TBI), elles ont projeté l'image formée par les pages 6 et 7 du livre. L'exercice d'identification des bons exemples du triangle a été réalisé en grand groupe. Il est important de préciser ici que les élèves ont eu à déterminer la nature des figures par observation seulement, autrement dit, les élèves n'ont pas eu, par exemple, à vérifier avec l'équerre si les lignes des triangles étaient bien droites. Cette situation a été évitée puisque l'activité s'adressait à des élèves de première année. Avec des élèves plus vieux, il faudrait les amener à utiliser des instruments afin de procéder à cette vérification. Pour chaque figure présentée (n = 16) aux pages 6 et 7, les enseignantes ont demandé aux élèves si c'était un triangle ou non. Si c'était un triangle, elles ont amené l'élève qui avait répondu à se référer aux propriétés du triangle énumérées à la page 4 du livre pour dire : « Effectivement, c'est un triangle, car c'est une figure plane qui possède trois côtés, trois sommets et elle est formée d'une ligne brisée et fermée. » Si la figure n'était pas un triangle, les enseignantes ont référé l'élève à la page 5 du livre pour identifier pourquoi ce n'était pas un triangle, en disant par exemple : « Ce n'est pas un triangle, car la figure n'a pas trois côtés, elle en a quatre. » Les enseignantes ont essayé de questionner chaque élève et elles se sont assurées que tous avaient compris la leçon. Cette séance s'est conclue avec la lecture des pages 12 et 13 du livre.

Idéalement, la deuxième séance portant sur le rectangle devait avoir lieu dans la même semaine que la première séance. Les enseignantes des groupes A et B ont procédé à la deuxième séance le lendemain, tandis que l'enseignante du groupe C a procédé le même jour, tout de suite après avoir terminé la séance portant sur le triangle. Lors de la deuxième séance portant sur le rectangle, les enseignantes ont relu les pages 1 à 3 du livre afin de rappeler aux élèves que l'objectif était d'aider un personnage à retrouver les membres de sa famille. Elles ont lu ensuite les pages 8 à 11 qui présentent les particularités du rectangle. Cette fois-ci, les enseignantes ont résumé la définition des premières caractéristiques, en utilisant à peu près les mêmes termes que lors de la séance portant sur le triangle, afin de rappeler ce qu'est une figure plane, un côté, un sommet et une ligne brisée et fermée. Concernant l'angle droit, l'enseignante du groupe A a d'abord dit aux élèves que « les angles droits, on n'ira pas loin là-dedans parce qu'en première année, les angles droits on n'apprend pas ça ». Elle a ensuite utilisé son bras pour montrer un angle droit et pour donner des exemples d'un angle qui n'est pas droit. Les enseignantes des groupes B et C ont fait de même. Finalement, l'enseignante du groupe B a précisé « qu'un angle droit, c'est un " l " majuscule. Parfois le " l " majuscule est à l'envers, mais c'est quand-même un angle droit. C'est comme s'il fait une pirouette ». Par la suite, grâce au TBI, chaque enseignante a projeté l'image formée par les pages 10 et 11 du livre. L'exercice d'identification des bons exemples du rectangle a été réalisé en grand groupe (n = 16). Encore une fois, il est important de préciser que les élèves ont eu à déterminer la nature du rectangle par observation seulement. Les élèves n'ont pas eu à vérifier avec l'équerre si les angles étaient bien droits. De plus, ils n'ont pas eu à faire l'analyse d'un carré parmi les rectangles. Ces situations ont été évitées puisque l'activité s'adressait à des élèves de première année. Avec des élèves plus vieux, il faudrait les amener à procéder à la vérification des propriétés des rectangles à l'aide d'instruments ainsi qu'à identifier le carré comme étant un rectangle particulier (l'inclusion des classes). Chaque enseignante a procédé de la même façon que pour le triangle, grâce aux propriétés du rectangle, énumérées à la page 8 et aux contre-exemples de la page 9, pour inciter les élèves à déterminer si chaque figure était un rectangle ou non. Cette séance s'est conclue avec la lecture des pages 12 et 13 du livre.

À la suite de ces séances, un post-test a été soumis à tous les élèves pour le triangle ainsi que pour le rectangle. Encore une fois, les enseignantes ont dû s'assurer que les élèves avaient bien compris la consigne, mais elles ne les ont pas aidés dans la réalisation de cette tâche individuelle. Elles ont également ramassé les feuille-tests, celle du triangle puis celle du rectangle, et elles les ont placées dans la grande enveloppe, sans les corriger.

La correction du prétest et du post-test a été faite par deux évaluatrices indépendantes. Séparément, elles ont corrigé l'intégralité des copies des élèves. Les résultats obtenus au prétest et au post-test, pour le triangle et pour le rectangle, ont d'abord été cotés. Pour chaque feuille-test, une cote de 0 à 6 a été donnée pour les bonnes reconnaissances des figures cibles et une cote de 0 à 14 a été donnée pour les fausses reconnaissances des figures distractrices. Après avoir mis en commun les résultats obtenus, une analyse a révélé un taux d'accord interjuges variant entre 93,8 % et 100 %. Par la suite, les deux évaluatrices se sont rencontrées afin de revoir les copies des sujets pour lesquels le résultat différait. Les principales variations dans l'interprétation des résultats étaient reliées à l'interprétation des évaluatrices, à savoir si le sujet avait eu recours ou non à sa gomme à effacer. Elles ont discuté jusqu'à l'obtention d'un consensus pour tous les sujets.

3.5.3 Les considérations éthiques

Le Comité d'éthique de la recherche de l'UQAR a approuvé le présent projet (voir le certificat d'éthique, annexe V). En résumé, le projet a été conçu pour que chaque enfant développe ses connaissances en géométrie tout en demeurant dans son milieu naturel, c'est-à-dire dans sa classe et avec son enseignante. Avant d'y participer, les trois enseignantes ainsi que les parents de chacun de leurs élèves ont été invités à signer, sur une base volontaire, les formulaires de consentement préparés à cet effet (voir annexe VI). Finalement, trois élèves n'ont pas obtenu l'autorisation de participer à la recherche. Lors du déroulement de la séquence d'enseignement, ces élèves ont été pris en charge par la chercheure, dans un autre local, et ils ont réalisé des travaux personnels suggérés par leur enseignante.

3.6 LE PLAN D'ANALYSE DES DONNÉES

Premièrement, des statistiques descriptives ont été utilisées afin de répondre à l'objectif préliminaire de cette recherche, qui visait à évaluer la fidélité de l'implantation (Dane et Schneider, 1998; Durlak, 2010; Dusenbury *et al.*, 2003; Kutash *et al.*, 2009) de la séquence d'enseignement (adhésion et durée).

Par la suite, dans le but de répondre aux objectifs principaux de la présente recherche, le logiciel *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) version 25 a été utilisé afin d’analyser les données recueillies.

En premier lieu, des statistiques descriptives ont été utilisées pour décrire les résultats moyens obtenus au prétest et au post-test dans les trois groupes, en fonction du sexe des élèves. Des analyses préliminaires (tests-t dépendants) ont servi à déterminer si les différences observées étaient significatives sur le plan statistique.

Par la suite, suivant les objectifs de la présente recherche, deux analyses de variance multivariée (MANOVA) à mesures répétées ont été effectuées, l’une pour les résultats des bonnes reconnaissances du triangle et du rectangle (figures cibles) et l’autre pour les résultats des fausses reconnaissances du triangle et du rectangle (figures distractrices). Les variables indépendantes étaient 1) le temps de mesure (prétest et post-test); 2) le sexe de l’élève et 3) le groupe. Les variables dépendantes étaient le nombre de bonnes et de mauvaises reconnaissances pour chaque figure (triangle et rectangle). Les interactions temps * groupe, temps * sexe et temps * groupe * sexe ont permis de vérifier 1) s’il existait un effet modérateur du groupe (de l’enseignant) sur le lien entre chaque séance d’entrainement et la reconnaissance des figures; 2) s’il existait un effet modérateur du sexe sur le lien entre la séance d’entrainement et la reconnaissance des figures et 3) s’il existait un effet d’interaction entre le sexe et le groupe sur le lien entre la séance d’entrainement et la reconnaissance des figures. Lorsqu’un effet d’interaction était observé, des analyses complémentaires d’effets simples ont permis de vérifier où se situaient les différences entre les groupes ou les garçons et les filles dans le temps.

CHAPITRE 4
RÉSULTATS

La présente recherche avait pour objectif d'évaluer l'impact d'une séquence d'enseignement exposant les garçons et les filles de la première année du premier cycle du primaire à des représentations typiques et atypiques de triangles et de rectangles, accompagnées de la description de leurs propriétés. Dans ce chapitre, nous décrirons la fidélité de la mise en place de la séquence d'enseignement. Nous exposerons ensuite les statistiques descriptives des variables à l'étude pour chacun des groupes évalués en fonction du sexe des élèves. Nous terminerons avec les résultats des analyses de variance multivariées (MANOVA) à mesures répétées qui ont permis de répondre aux objectifs de recherche. Ces analyses ont été réalisées séparément pour les bonnes reconnaissances (figures cibles) et les fausses reconnaissances (figures distractrices) des figures à l'étude que sont le triangle et le rectangle.

4.1 LA FIDÉLITÉ DE LA MISE EN PLACE DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT

La vérification de la fidélité de la mise en place de la séquence d'enseignement, aussi appelée fidélité d'implantation, permet de déterminer si l'enseignement donné correspond à ce qui était prévu au protocole (Dane et Schneider, 1998; Durlak, 2010; Dusenbury *et al.*, 2003; Kutash *et al.*, 2009). Pour chaque groupe, un indice d'adhésion a été calculé en faisant le rapport entre le nombre d'étapes réalisées par chaque enseignante et le nombre total d'étapes prévues au protocole. Des statistiques descriptives de cet indice d'adhésion sont présentées au tableau 3.

Tableau 3 – Fidélité d'implantation

Groupes	Nombre d'étapes réalisées (sur un total de 18 étapes)	Indice d'adhésion (en pourcentage)	Durée totale (en minutes)
A	18	100 %	46
B	16	89 %	55
C	15	83 %	22

L'enseignante du groupe A a réalisé la totalité des étapes prévues, atteignant un indice d'adhésion de 100 %. La séance portant sur le triangle a été d'une durée 25 minutes tandis que celle portant sur le rectangle a été d'une durée de 21 minutes. Les deux séances ont eu lieu sur deux jours consécutifs. Lors de chaque séance, l'enseignante a parlé assez rapidement. Dans la classe, il semblait y avoir plusieurs élèves distraits, qui regardaient au mauvais endroit sur la page ou qui jouaient avec le livre. L'enseignante s'est assurée que chaque élève soit bien attentif et elle a posé beaucoup de questions aux élèves afin de vérifier leur compréhension.

L'enseignante du groupe B a omis une étape lors de chaque séance, ce qui donne un indice d'adhésion de 89 % pour ce groupe. En effet, l'activité de reconnaissance prévue à chaque séance demandait que l'enseignante projette l'image formée par deux pages du livre au TBI (pages 6 et 7 pour le triangle et pages 10 et 11 pour le rectangle). Pendant qu'elle demandait aux élèves, pour chaque figure présentée dans ces pages, si c'était oui ou non un bon exemple de la figure géométrique à l'étude, les élèves devaient se référer aux caractéristiques énumérées aux pages précédentes (pages 4 et 5 pour le triangle et pages 8 et 9 pour le rectangle). Or, au lieu de demander aux élèves de placer leur livre aux pages présentant les caractéristiques, ces derniers avaient sous les yeux la même image que celle projetée au tableau. Malgré cela, l'enseignante a fait référence à toutes les caractéristiques pour chacune des figures que les élèves avaient à catégoriser comme faisant partie ou non de la grande famille à l'étude (des triangles ou des rectangles). Dans ce groupe-ci, la séance portant sur le triangle a été d'une durée de 25 minutes tandis que celle portant sur le rectangle a été d'une durée de 30 minutes. Les deux séances ont également eu lieu sur deux jours consécutifs. Cette enseignante a parlé lentement et elle a souvent questionné les élèves. Elle a bien expliqué en donnant beaucoup d'exemples, mais parfois trop. Elle s'est éloignée du sujet à quelques reprises, mais elle a toutefois animé l'histoire avec beaucoup de dynamisme.

L'enseignante du groupe C a procédé exactement comme celle du groupe B, ne demandant pas à ses élèves de laisser leur livre ouvert aux pages présentant les caractéristiques lors de l'activité de reconnaissance. De plus, lors de la première séance portant sur le triangle, si la figure était effectivement un triangle, l'enseignante a accepté à quelques reprises qu'un élève donne uniquement comme raison que « c'est un triangle parce que la figure a trois côtés », sans préciser que le triangle avait également trois sommets et qu'il était formé d'une ligne brisée fermée. Par la suite, lors de la séance portant sur le rectangle, chaque figure à reconnaitre a été analysée avec soin. Pour ces raisons, l'indice d'adhésion pour ce groupe est de 83 %. La séance portant sur le triangle a duré 9 min 30 tandis que celle portant sur le rectangle a duré 12 min 30. Les deux séances ont eu lieu le même jour. Cette enseignante a été très efficace, elle est allée droit au but. Elle a posé moins de questions aux élèves que les autres enseignantes, elle est demeurée centrée sur la tâche.

4.2 L'EFFET DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT SUR LA RECONNAISSANCE DES FIGURES PRÉSENTÉES DANS DES POSITIONS ATYPIQUES

4.2.1 Les statistiques descriptives

Le tableau 4 présente les statistiques descriptives (moyennes et écarts-types) des résultats moyens obtenus au prétest et au post-test pour les bonnes reconnaissances (max. six) ainsi que pour les fausses reconnaissances (max. 14) du triangle et du rectangle en fonction du sexe des participants et du groupe auquel ils appartiennent.

Tableau 4 – Scores moyens et écarts-types obtenus aux différents tests

Classes (nombre d'élèves)	**A (*n* = 15)** **(7 garçons, 8 filles)**		**B (*n* = 17)** **(7 garçons, 10 filles)**		**C (*n* = 16)** **(8 garçons, 8 filles)**		**Total (*n* = 48)**
Sexe	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles	
	M (É. T.)	M (É. T.)	M (É. T.)	M (É. T.)	M (É. T.)	M (É. T.)	M (É. T.)
Triangle							
Prétest – bonnes reconnaissances	3,43 (1,51)	3,13 (1,25)	4,43 (1,51)	3,70 (0,95)	3,50 (1,20)	3,75 (1,58)	3,65 (1,31)
Prétest – fausses reconnaissances	2,57 (2,82)	6,13 (5,79)	4,29 (4,03)	3,40 (3,86)	3,88 (4,26)	4,25 (3,11)	4,08 (4,03)
Post-test – bonnes reconnaissances	4,29 (1,50)	4,63 (1,51)	4,43 (2,07)	4,70 (1,64)	5,88 (0,35)	5,88 (0,35)	4,98 (1,47)
Post-test – fausses reconnaissances	0,57 (1,51)	1,88 (4,91)	0,14 (0,38)	1,30 (2,83)	1,50 (4,24)	0,13 (0,35)	0,96 (2,93)
Rectangle							
Prétest – bonnes reconnaissances	5,00 (1,53)	4,12 (1,73)	5,00 (1,53)	3,00 (1,49)	4,00 (1,93)	4,00 (1,77)	4,10 (1,73)
Prétest – fausses reconnaissances	3,71 (2,69)	3,00 (2,98)	5,14 (3,67)	3,00 (2,21)	5,38 (4,24)	5,88 (2,53)	4,29 (3,16)
Post-test – bonnes reconnaissances	5,71 (0,76)	5,25 (1,39)	5,00 (1,92)	5,00 (1,16)	5,13 (1,46)	5,00 (0,93)	5,17 (1,26)
Post-test – fausses reconnaissances	2,43 (3,60)	2,50 (3,25)	3,00 (2,38)	3,00 (3,37)	6,00 (4,72)	2,75 (3,58)	3,29 (3,59)

Note : M : scores moyens; É.-T. : écarts types.

4.2.2 L'utilisation de MANOVA

Une des prémisses à respecter afin d'effectuer une MANOVA à mesures répétées consiste à vérifier que les variables dépendantes soient minimalement corrélées entre-elles (voir tableau 5). Les associations non significatives entre les variables dépendantes pour les bonnes reconnaissances des figures pourraient s'expliquer par la faible variabilité dans les données. Par exemple, pour le triangle, au prétest, 29 élèves sur 48 ont bien reconnu trois ou quatre triangles sur six, tandis qu'au post-test, 28 élèves sur 48 ont obtenu une note parfaite de 6 sur 6. La petite taille de l'échantillon, ayant possiblement entrainé une faible puissance statistique, pourrait également expliquer le fait que plusieurs associations soient non significatives. La prémisse n'étant pas respectée, il sera important d'interpréter les résultats des analyses avec prudence.

Tableau 5 – Corrélations entre les variables pour les bonnes reconnaissances

Mesure	1	2	3	4	5
1. Sexe					
2. Groupe	0,03				
3. Rectangle prétest	0,29*	-0,12			
4. Rectangle post-test	0,08	-0,13	0,25		
5. Triangle prétest	0,09	0,11	0,18	0,27	
6. Triangle post-test	-0,04	0,39**	-0,06	0,01	0,03

Note : * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$.

Le tableau 6 présente les résultats des analyses de corrélations de Pearson pour les fausses reconnaissances du triangle et du rectangle au prétest et au post-test. La majorité des associations pour les deux figures aux deux temps de mesure sont significatives. Par exemple, tel qu'attendu, il existe une association positive significative entre le préstest et le post-test pour les fausses reconnaissances pour les deux figures. Cette association est de grande taille pour le rectangle et de taille moyenne pour le triangle. Il n'y a pas d'association entre le sexe et les fausses reconnaissances au prétest ou au post-test. Il y a toutefois une association significative entre le groupe et les fausses reconnaissances du rectangle au post-test.

Tableau 6 – Corrélations entre les variables pour les fausses reconnaissances

Mesure	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1. Sexe					
2. Groupe	0,03				
3. Rectangle prétest	0,14	0,30*			
4. Rectangle post-test	0,16	0,22	0,54**		
5. Triangle prétest	-0,11	-0,04	0,26	0,30*	
6. Triangle post-test	-0,06	-0,06	0,35*	0,47**	0,29*

Note : * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$.

4.2.3 L'analyse de l'effet de chaque séance d'entrainement sur la reconnaissance du triangle et du rectangle

Afin de répondre à nos objectifs de recherche, nous avons procédé à deux MANOVA à mesures répétées, séparant les résultats obtenus pour les bonnes reconnaissances (figures cibles) de ceux obtenus pour les fausses reconnaissances (figures distractrices). Au-delà de l'effet principal du temps de mesure, du groupe et du sexe, l'analyse de effets d'interaction nous ont permis de vérifier 1) s'il existait un effet modérateur du groupe (de l'enseignant) sur le lien entre la séance d'entrainement et la reconnaissance des figures; 2) s'il existait un effet modérateur du sexe sur le lien entre la séance d'entrainement et la reconnaissance des figures et 3) s'il existait un effet d'interaction entre le sexe et le groupe sur le lien entre la séance d'entrainement et la reconnaissance des figures.

4.2.4 Les résultats des bonnes reconnaissances du triangle et du rectangle

Les résultats relatifs aux bonnes reconnaissances du triangle et du rectangle sont présentés dans le tableau 7.

Les résultats de la MANOVA à mesures répétées ne suggèrent pas de différence significative entre les deux temps de mesure pour les bonnes reconnaissances du triangle ($F(1,42) = 3,64$; n.s.). À l'inverse, les analyses montrent un effet temps de mesure significatif pour les bonnes reconnaissances du rectangle ($F(1,42) = 36,31$; $p < 0,001$), ce qui signifie que la séance d'entrainement portant sur le rectangle a contribué de façon significative à l'amélioration des résultats de reconnaissance des bons exemples de cette figure par l'ensemble des élèves.

L'effet d'interaction triangle*rectangle nous indique s'il existe une différence entre les figures dans le temps. Comme cet effet d'interaction n'est pas significatif, la moyenne des bonnes reconnaissances au prétest et au post-test est équivalente pour le triangle et le rectangle. Autrement dit, en moyenne, chaque séance d'entrainement n'a pas d'effet marqué sur la bonne reconnaissance des figures.

Tableau 7 – MANOVA à mesures répétées pour les bonnes reconnaissances

Source	SC	ddl	CM	F
Intra-groupe				
Triangle				
Temps	6,63	1	6,63	3,64
Temps * Sexe	3,56	1	3,56	1,95
Temps * Groupe	15,33	2	7,66	4,20*
Temps * Sexe * Groupe	0,80	2	0,40	0,22
Erreur	76,63	42	1,82	
Rectangle				
Temps	62,78	1	62,78	36,31***
Temps * Sexe	4,45	1	4,45	2,57
Temps * Groupe	6,89	2	3,44	2,00
Temps * Sexe * Groupe	5,83	2	2,92	1,69
Erreur	72,62	42	1,73	
Triangle * Rectangle				
Temps	1,18	1	1,18	0,66
Temps * Sexe	0,26	1	0,26	0,15
Temps * Groupe	5,79	2	2,90	1,63
Temps * Sexe * Groupe	0,80	2	0,40	0,22
Erreur	74,78	42	1,78	
Inter-groupes				
Sexe	4,34	1	4,34	1,53
Groupe	2,02	2	1,01	0,36
Sexe * Groupe	3,39	2	1,70	0,60
Erreur	119,43	42	2,84	

Note : Les valeurs de F univariées sont calculées avec la trace de Pillai
$* \ p < 0{,}05$. $*** \ p < 0{,}001$.
SC : somme des carrés; ddl : degrés de liberté; CM : carré moyen.

Pour les deux figures géométriques et leur interaction, les analyses ont montré que l'effet sexe*groupe n'est pas significatif, ce qui signifie qu'il n'y a aucune différence significative pour les bonnes reconnaissances entre les moyennes obtenues par les garçons et celles obtenues par les filles aux deux temps de mesure.

Pour les bonnes reconnaissances du triangle, les résultats suggèrent un effet d'interaction temps*groupe significatif ($F(1,42) = 4{,}20$; $p = 0{,}02$). Les analyses complémentaires d'effets simples indiquent que les trois groupes avaient une moyenne équivalente au prétest ($F(2,45) = 1{,}26$; n.s.), mais que le groupe C se distingue des autres groupes au post-test ($F(2,45) = 5{,}34$; $p = < 0{,}01$), suggérant que ces élèves se sont améliorés plus significativement que les élèves des groupes A et B (voir figure 3).

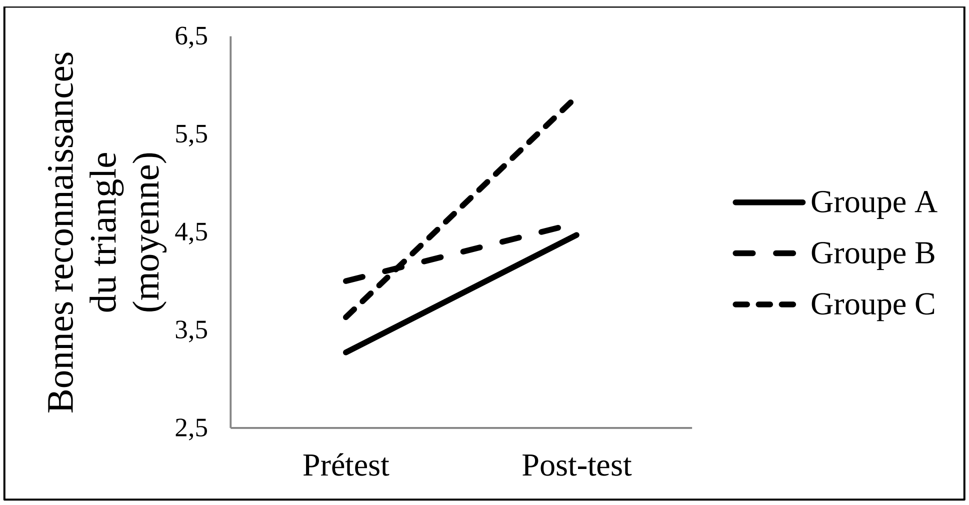


Figure 3 : Résultats obtenus pour les bonnes reconnaissances du triangle

Pour les bonnes reconnaissances du rectangle, les résultats de l'effet groupe ne sont pas significatifs ($F(2,42) = 2{,}00$; n.s.). Cela signifie qu'il n'y a pas de différence entre les groupes étant donné que tous les trois ont connu approximativement la même amélioration (voir figure 4).

L'effet d'interaction temps*sexe*groupe pour les bonnes reconnaissances est non significatif pour le triangle, le rectangle et l'interaction entre les deux figures, indiquant qu'il n'y a pas de différence significative entre les garçons et les filles de chaque groupe à chaque temps de mesure.

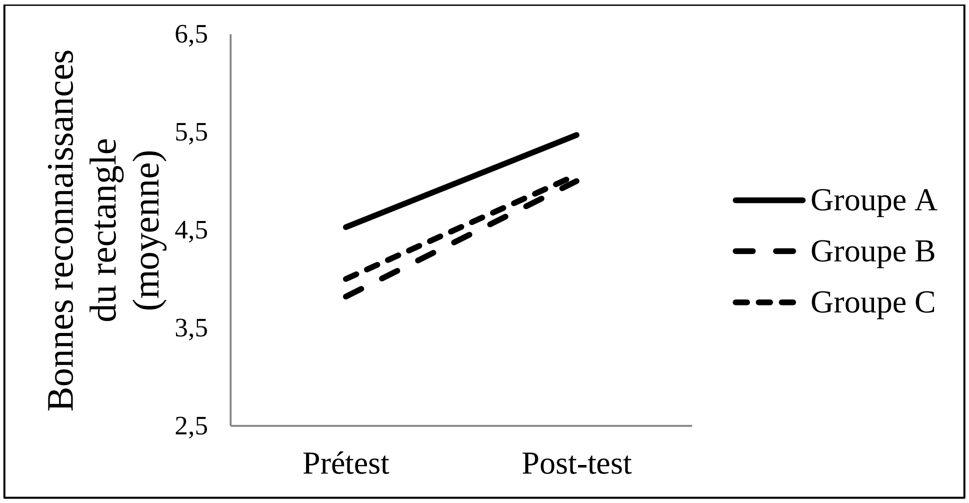


Figure 4 : Résultats obtenus pour les bonnes reconnaissances du rectangle

Les résultats des analyses inter-groupes incluent aussi un effet groupe et un effet sexe. Pour ces analyses spécifiquement, l'effet groupe, évalue globalement, pour les deux figures et leur interaction, la moyenne obtenue au prétest ainsi que la moyenne obtenue au post-test, sans considérer l'effet temps de mesure. L'effet groupe étant non significatif, cela permet de conclure que, dans l'ensemble, il n'y a pas de différence significative entre les groupes pour les bonnes reconnaissances.

Comme pour l'effet groupe, l'effet sexe évalue globalement, pour les deux figures et leur interaction, la moyenne obtenue au prétest ainsi que la moyenne obtenue au post-test, sans considérer l'effet temps de mesure. Comme l'effet sexe est non significatif, cela permet de conclure qu'il n'y a pas, globalement, de différence significative entre les garçons et les filles.

L'effet d'interaction sexe*groupe, pour les deux figures et leur interaction, est non significatif. Cela signifie que, globalement, il n'y a pas de différence significative entre les garçons et les filles de chaque groupe à chaque temps de mesure.

4.2.5 Les résultats des fausses reconnaissances du triangle et du rectangle

Les résultats relatifs aux fausses reconnaissances du triangle et du rectangle sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8 – MANOVA à mesures répétées pour les fausses reconnaissances

Source	SC	ddl	CM	F
Intra-groupe				
Triangle				
Temps	81,67	1	81,67	10,55**
Temps * Sexe	30,69	1	30,69	3,96
Temps * Groupe	46,08	2	23,04	2,98
Temps * Sexe * Groupe	7,67	2	3,84	0,50
Erreur	325,26	42	7,74	
Rectangle				
Temps	212,38	1	212,38	29,29***
Temps * Sexe	2,54	1	2,54	0,35
Temps * Groupe	0,46	2	0,23	0,03
Temps * Sexe * Groupe	48,08	2	24,04	3,32*
Erreur	304,56	42	7,25	
Triangle * Rectangle				
Temps	51,88	1	51,88	7,12*
Temps * Sexe	0,42	1	0,42	0,06
Temps * Groupe	0,11	2	0,06	0,01
Temps * Sexe * Groupe	12,32	2	6,16	0,85
Erreur	305,96	42	7,29	
Inter-groupes				
Sexe	0,65	1	0,65	0,03
Groupe	29,94	2	14,97	0,58
Sexe * Groupe	33,22	2	16,61	0,64
Erreur	1 089,69	42	25,95	

Note : Les valeurs de F univariées sont calculées avec la trace de Pillai
$* p < 0,05$. $** p < 0,01$. $*** p < 0,001$.
SC : somme des carrés; ddl : degrés de liberté; CM : carré moyen.

Les analyses réalisées avec la procédure d'analyse MANOVA à mesures répétées montrent un effet temps de mesure significatif pour les fausses reconnaissances du triangle ($F(1,42) = 10,55$; $p < 0,01$) et du rectangle ($F(1,42) = 29,29$; $p = 0,00$), ce qui signifie que les deux séances d'entrainement ont contribué de façon significative à la diminution des erreurs de reconnaissance de ces figures par l'ensemble des élèves.

L'effet d'interaction triangle*rectangle pour les fausses reconnaissances, entre les deux séances d'enseignement, s'est révélé significatif ($F(1,42) = 7,12$; $p < 0,05$). Au prétest, il n'y avait pas de différence significative pour le nombre d'erreurs de reconnaissance pour le triangle et le rectangle. En revanche, au post-test, les élèves identifient significativement moins de mauvais triangles que de mauvais rectangles. Autrement dit, la séance portant sur le triangle semble avoir été plus efficace au regard du nombre de fausses reconnaissances. Les résultats sont représentés à la figure 5.

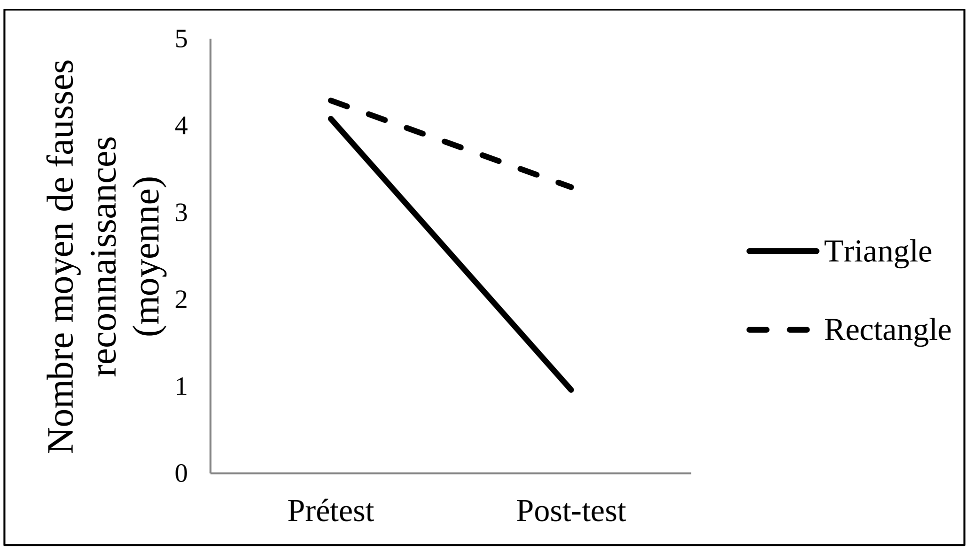


Figure 5 : Résultats obtenus pour les fausses reconnaissances du rectangle et du triangle (interaction triangle*rectangle)

Au regard des analyses effectuées, l'effet sexe*groupe n'est pas significatif pour les fausses reconnaissances du triangle et du rectangle. Cela signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les résultats obtenus par les garçons et ceux obtenus par les filles et que la moyenne du nombre d'erreurs de reconnaissance au prétest et au post-test est le même pour chaque sexe.

Pour les fausses reconnaissances du triangle et du rectangle, l'effet d'interaction temps*groupe n'est pas significatif. Cela signifie qu'il n'y a pas de différence significative entre les groupes et que la moyenne du nombre d'erreurs de reconnaissance au prétest et au post-test est la même pour chaque groupe.

L'effet d'interaction temps*sexe*groupe pour les fausses reconnaissances du triangle est non significatif, indiquant qu'il n'y a pas de différence significative entre les garçons et les filles de chaque groupe.

Les résultats montrent toutefois, dans notre échantillon, une différence statistiquement significative en ce qui concerne l'effet d'interaction temps*sexe*groupe pour les fausses reconnaissances du rectangle ($F(2,42) = 3,32$; $p = 0,05$). Les résultats des analyses d'effets simples suggèrent que cette différence est présente uniquement au prétest pour les filles ($F(2,23) = 3,49$; $p = 0,05$). Comme l'illustre la figure 6, les filles du groupe A ($n = 8$ filles) faisaient significativement plus d'erreurs de reconnaissance au prétest que les filles des deux autres groupes. En revanche, au post-test, les filles des trois groupes ne se distinguaient plus, ce qui signifie que les filles ayant le plus de difficultés se sont suffisamment améliorées pour que leur nombre moyen de fausses reconnaissances soit équivalent à celui des filles des deux autres groupes au post-test. Finalement, bien qu'il y ait apparence de différences pour les garçons des trois groupes à chaque temps de mesure, tel qu'illustré à la figure 7, ces différences se sont révélé être non significatives pour notre échantillon.

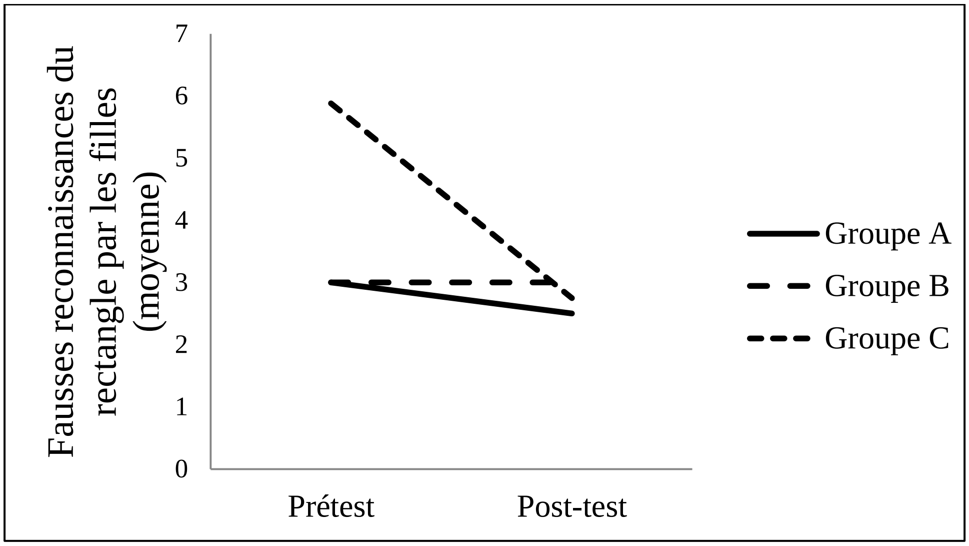


Figure 6 : Résultats obtenus pour les fausses reconnaissances du rectangle par les filles (interaction temps*sexe*groupe)

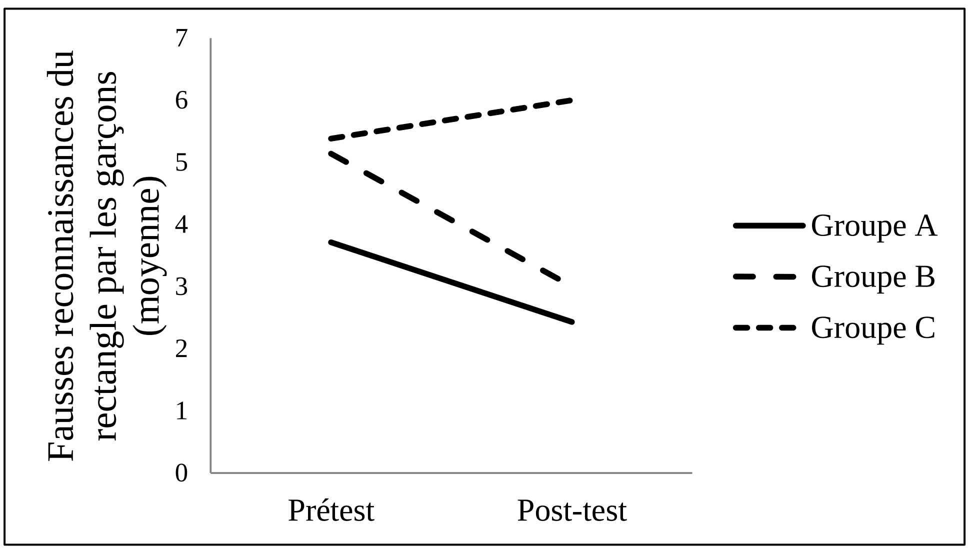


Figure 7 : Résultats obtenus pour les fausses reconnaissances du rectangle par les garçons (interaction temps*sexe*groupe)

L’effet groupe, l’effet sexe et l’effet d’interaction groupe*sexe, pour les analyses inter-groupes, sont non significatifs. Ces résultats permettent de conclure que, dans l’ensemble, il n’y a pas de différence significative entre les groupes, entre les garçons et les filles et entre les garçons et les filles de chaque groupe à chaque temps de mesure pour les fausses reconnaissances.

CHAPITRE 5
DISCUSSION

Cette recherche a été conduite après avoir constaté que l'enseignement de la géométrie est couramment fait à partir d'ensembles didactiques qui présentent très peu de figures géométriques dans des positions atypiques (Braconne-Michoux, 2014; Michot, 2018) et qui offrent rarement des activités visant le niveau *analyse*. Ce niveau d'activité est pourtant jugé comme étant essentiel pour permettre aux élèves de dépasser le niveau *identification-visualisation* et de se préparer aux activités de niveau *déduction informelle* (Braconne-Michoux, 2014). Afin d'aider les élèves à se faire une image mentale efficace et précise d'une figure et que cette image ne repose pas sur un seul exemple placé en position prototypique, une séquence d'enseignement originale visant le niveau *analyse* a été élaborée. S'appuyant sur un livre de littérature jeunesse spécialement conçu pour l'occasion, plusieurs exemples du triangle et du rectangle (mais aucun carré) ont été présentés à trois groupes d'élèves. Les propriétés de chacune de ces figures ont été enseignées et les élèves ont pu se pratiquer à les identifier.

Dans ce chapitre, les forces de la recherche seront d'abord présentées. Puis, les résultats obtenus à la suite de deux analyses de variance multivariées (MANOVA) à mesures répétées, qui sont décrits au chapitre précédent, seront maintenant repris, synthétisés et interprétés en fonction des objectifs de recherche qui touchent principalement la reconnaissance des figures géométriques, mais qui réfèrent également aux différences observées entre les trois groupes d'élèves ainsi qu'entre les garçons et les filles. Nous allons également proposer des pistes pour expliquer les résultats des bonnes et des fausses reconnaissance en s'appuyant sur les caractéristiques des figures, parmi celles présentées au prétest et au post-test, qui ont été les plus fréquemment identifiées adéquatement par les élèves. Enfin, les limites de cette recherche ainsi que les recommandations pour la pratique enseignante seront présentées.

5.1 LES FORCES DE LA RECHERCHE

Cette étude se démarque des études antérieures portant sur l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie plane : elle tient compte des différences entre les sexes et elle s'appuie sur l'utilisation de la littérature jeunesse. De plus, grâce à la séquence d'enseignement et aux outils qui ont élaborés, les enseignants pourront être mieux guidés dans l'enseignement de la géométrie plane en ayant accès à une séquence d'enseignement portant sur l'identification des figures planes grâce à l'examen de leurs propriétés. Cela viendra répondre à un besoin des enseignants dans la mesure où de telles séquences d'enseignement sont rares, voire absentes des manuels scolaires québécois (Braconne-Michoux, 2014). Enfin, le fait que la séquence d'enseignement développée soit rattachée à la littérature jeunesse pourrait permettre aux élèves d'apprécier travailler les mathématiques autrement. Ce serait aussi une occasion pour les enseignants de faire de la différenciation pédagogique en présentant d'une autre façon des concepts géométriques aux élèves, en se souciant du fait que les garçons et les filles peuvent apprendre différemment.

5.2 LE RAPPEL DES OBJECTIFS DE RECHERCHE

Notre objectif général de recherche était d'évaluer si l'exposition à des représentations atypiques de triangles et de rectangles, accompagnée de la description de leurs propriétés, était associée à une meilleure reconnaissance de ces figures par les garçons et les filles de la première année du premier cycle du primaire. Nous nous sommes intéressées aux bonnes reconnaissances (figures cibles) ainsi qu'aux fausses reconnaissances (figures distractrices) pour chacune des figures géométriques.

Nous avons ensuite tenté de déterminer, à travers trois sous-objectifs, si l'effet de chaque séance d'entrainement, portant sur la reconnaissance des figures, s'était révélé différent selon le groupe dans lequel elle avait été dispensée, selon le sexe de l'élève et selon le sexe de l'élève à l'intérieur de son groupe d'appartenance.

Au préalable, en lien avec l'objectif préliminaire de cette recherche, des analyses descriptives visant à vérifier la fidélité de l'implantation (Dane et Schneider, 1998; Durlak, 2010; Dusenbury *et al.*, 2003; Kutash *et al.*, 2009) de la séquence d'enseignement ont été conduites.

5.3 EFFET DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT SUR LES BONNES RECONNAISSANCES DES FIGURES

Cette recherche visait d'abord à évaluer si les élèves qui ont vécu la séquence d'enseignement allaient améliorer leurs résultats de reconnaissance des bons exemples du triangle et du rectangle entre le prétest et le post-test. Même si les statistiques descriptives suggèrent que, pour les deux figures, la moyenne des bonnes reconnaissances augmente, les résultats montrent que l'effet temps de mesure est significatif uniquement pour les bonnes reconnaissances du rectangle. Ces résultats sont cohérents avec les résultats des études antérieures qui ont montré que le rectangle était mieux reconnu que le triangle (Clements *et al.*, 1999; Pinet et Gentaz, 2007), même si on peut considérer que ses propriétés le rendent plus difficile à reconnaître (Pinet et Gentaz, 2008). En effet, le nombre de propriétés[16] utilisées pour le décrire (figure plane, quatre côtés, quatre sommets, ligne brisée et fermée et quatre angles droits) est plus élevé que dans le cas du triangle (figure plane, trois côtés, trois sommets, ligne brisée et fermée). Dans l'étude de Fisher *et al*. (2013b), le rectangle a aussi été mieux reconnu que le triangle, mais uniquement par les enfants ayant vécu l'approche pédagogique *jeux libres*. Ces enfants ont été exposés aux mêmes figures que les enfants ayant vécu les autres approches (*jeux dirigés* et *enseignement didactique*), pour approximativement la même durée, sans autre consigne que de jouer avec les figures. Le fait que ces enfants aient mieux reconnu les rectangles que les autres figures au post-test (alors que les enfants des deux autres groupes reconnaissaient les quatre figures à l'étude de manière équivalente) suggère que, pour qu'une amélioration soit possible pour la reconnaissance du triangle, il est nécessaire qu'un enseignement ou un *jeu dirigé* soit planifié, ce qui ne serait peut-être pas le cas pour le rectangle, du moins si les enfants sont exposés à différents exemples de rectangle. Nos résultats sont aussi cohérents avec ceux obtenus par Smith *et al*. (2014) auprès d'enfants d'âge préscolaire. Ces auteurs ont en effet montré une tendance selon laquelle les enfants qui avaient eu à comparer deux bons exemples du triangle amélioraient leurs bonnes reconnaissances du triangle, mais que les enfants qui avaient eu à comparer un bon exemple d'un triangle avec un non-triangle ne s'étaient pas améliorés entre les deux temps de mesures.

Dans le cadre de cette étude, parmi les six bons exemples du triangle présentés au prétest et au post-test (les triangles numérotés de 1 à 6, voir annexe III), les figures les mieux reconnues au deux temps de mesure sont la figure 1, un triangle en position prototypique, suivi, dans l'ordre, des figures 2, 4 et 3, présentant des triangles semblables à

[16] Ces propriétés ne sont pas les propriétés définitoires des figures, mais bien un début de liste des propriétés comme l'élève devrait les connaitre pour maîtriser le niveau *analyse*.

un triangle prototypique, mais avec une orientation différente. Les figures 6 et 5, des triangles en position atypique, ont été les moins bien reconnus.

Dans le cas du rectangle (les rectangles numérotés de 1 à 6, voir annexe III), la figure 1 placée en position prototypique, avec le côté le plus long à l'horizontal, n'a pas été la figure la mieux reconnue, ni au pré-test, ni au post-test. Au pré-test, les élèves ont mieux reconnu deux rectangles dont l'un des côtés mesure près du double de l'autre côté soit, dans l'ordre, la figure 6 qui est un rectangle placé en position prototypique avec le côté le plus long à la verticale, et la figure 3, suivies des figures 4, 5, 1 et 2. Au post-test, ce sont les deux mêmes figures (3 et 6) qui ont été les mieux reconnues, mais les figures 1, 5, 2 et 4 ont également été bien reconnues par les élèves, qui les ont davantage associées au rectangle que lors du prétest.

5.4 EFFET DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT SUR LES FAUSSES RECONNAISSANCES DES FIGURES

Pour les fausses reconnaissances du triangle et du rectangle, les résultats au prétest et au post-test montrent que les deux séances ont permis aux élèves de réduire de façon significative leurs erreurs de reconnaissance pour les deux figures. Comme les résultats de la recherche de Kalenine *et al.* (2011) l'indiquent, nos résultats montrent plus spécifiquement que, pour les trois groupes, c'est pour le triangle que les erreurs ont le plus diminué. En effet, alors qu'au prétest, le nombre moyen d'erreurs était équivalent pour les deux figures, au post-test, les élèves identifiaient moins de mauvais triangles que de mauvais rectangles. D'autres chercheurs, dont Smith *et al*. (2014), ayant étudié deux méthodes de comparaison permettant de soutenir l'apprentissage des propriétés des triangles, ont montré une diminution significative des erreurs de reconnaissance du triangle, mais uniquement pour le groupe d'enfants ayant eu à comparer un triangle et un non-triangle avec une apparence semblable. Des études complémentaires seraient nécessaires pour le confirmer, mais il est probable que nos résultats concernant la diminution des erreurs de reconnaissance du triangle au post-test aient été observés parce que les élèves ont eu, lors de la séquence d'enseignement basée sur le livre, à réaliser l'exercice de comparer des triangles et des non-triangles ayant une apparence semblable.

Plus spécifiquement dans le cadre de cette étude, parmi les quatorze figures distractrices du triangle présentées au prétest et au post-test (les triangles numérotés de 7 à 20, voir annexe III), les figures ayant occasionné le plus d'erreurs de reconnaissance au pré-test sont, dans l'ordre, les figures 12, 15 et 20. Au post-test, les erreurs de reconnaissance ont été moins nombreuses qu'au pré-test, et ce sont les figures 20, 12 et 7 qui ont occasionné le plus d'erreurs. Les figures 20, 12, 7 et 15 ont peut-être davantage porté à confusion, car elles se distinguent du triangle prototypique de manière moins marquée que les autres figures. En effet, la figure 12 est très semblable à un triangle en position prototypique, mais elle n'est pas formée d'une ligne brisée, elle comporte un côté courbe. Cette courbe est peu prononcée, moins prononcée que, par exemple, celle de la figure 13. Les figures 20, 7 et 15 ressemblent également à des triangles, mais elles n'ont pas trois côtés, les figures 20 et 7 en ont quatre, la figure 15 en a cinq et tous les angles formés par les côtés supplémentaires de ces figures sont très peu prononcés. À titre comparatif, les figures 16 et 17 sont également formées de quatre et de cinq côtés, mais les angles formés par les côtés supplémentaires sont plus prononcés, rendant le nombre de côtés plus facile à dénombrer.

Dans le cas des figures distractrices sur la feuille-test du rectangle (les rectangles numérotés de 7 à 20, voir annexe III), au pré-test, ce sont les figures 15, 20, 16 et 13 qui, dans l'ordre, ont occasionné le plus d'erreurs. Ces figures ont toutes approximativement l'un des côtés qui mesure près du double de l'autre côté, mais ce ne sont pas des rectangles car ils n'ont pas quatre angles droits. Au post-test, ce sont les figures 10 et 12 qui occasionné le plus d'erreurs. Ces deux figures ont approximativement les quatre côtés de la même longueur, ils ressemblent davantage à des carrés, mais ils n'ont pas quatre angles droits. La séquence d'enseignement ne présentait d'ailleurs aucun carré, ni de figures semblables à un carré. Les figures 9, 14 et 19, présentant des triangles parmi les rectangles, ont occasionné très peu d'erreurs de reconnaissance aux deux temps de mesure.

5.5 L'EFFET DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT EN FONCTION DU GROUPE D'APPARTENANCE

Notre premier sous-objectif de recherche était de vérifier s'il existait un effet modérateur du groupe (de l'enseignant) sur le lien entre la séquence d'enseignement et la reconnaissance des figures. Nos résultats montrent, pour notre échantillon, que les trois groupes ont connu approximativement la même amélioration entre le prétest et le post-test pour les bonnes reconnaissances du rectangle. En revanche, un effet d'interaction groupe*temps significatif suggère que les changements dans le temps pour les bonnes reconnaissances du triangle sont différents pour les trois groupes. Plus spécifiquement, les résultats indiquent que les élèves du groupe C se sont améliorés plus significativement que les élèves des deux autres groupes, bien que les trois groupes aient eu des moyennes similaires au départ. Il peut paraitre étonnant que ce soient les élèves du groupe C qui aient connu l'amélioration la plus importante si l'on considère que c'est la séance qui a été la plus courte (9 min 30 comparativement à 25 minutes pour les deux autres groupes) et qui avait l'indice d'adhésion le plus faible (83 % comparativement à 100 % pour le groupe A et à 89 % pour le groupe B). Ce résultat pourrait toutefois s'expliquer par le fait que les élèves du groupe C étaient peut-être plus engagés, plus investis dans la tâche puisqu'ils y travaillaient depuis moins longtemps que les autres élèves. De plus, l'enseignante est demeurée centrée sur la tâche, elle a expliqué clairement et simplement chacune des caractéristiques des figures sans ajouter de détails superflus. Janvier et Testu (2005), qui ont travaillé sur les fluctuations de l'attention journalière chez des élèves de 4 à 11 ans, ont conclu que c'était au commencement d'une nouvelle leçon que l'attention des jeunes élèves était la plus élevée et que c'était particulièrement vrai si la leçon avait lieu en matinée, comme ce fut le cas pour les élèves du groupe C. Des études supplémentaires, qui contrôleraient le niveau d'engagement des élèves dans la tâche, seraient toutefois nécessaires pour vérifier cette hypothèse.

Pour les fausses reconnaissances du triangle et du rectangle, les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les groupes, le nombre de fausses reconnaissances étant équivalent au prétest et au post-test pour chaque groupe. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Fisher *et al*. (2013b), qui, bien qu'ils n'aient pas mené de prétest, ont montré qu'il n'y avait aucune différence significative entre les trois groupes expérimentaux pour les fausses reconnaissances après intervention. Ces résultats suggèrent que les différences entre les méthodes pédagogiques pourraient avoir peu d'impact sur la diminution des mauvaises reconnaissances du triangle et du rectangle, le fait d'être exposés à de mauvais exemples pouvant être suffisant pour conduire à une amélioration des capacités des enfants à discriminer les fausses représentations de ces figures. Ce résultat demeure toutefois à confirmer dans d'autres études.

5.6 L'EFFET DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT EN FONCTION DU SEXE DES ÉLÈVES

Notre deuxième sous-objectif de recherche consistait à vérifier s'il existait un effet modérateur du sexe sur le lien entre la séquence d'enseignement et la reconnaissance des figures. Dans l'ensemble, pour les bonnes reconnaissances comme pour les fausses reconnaissances des deux figures, les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les garçons et les filles. Même si ce résultat demeure à confirmer, cette étude apporte un premier éclairage sur les différences de sexe en lien avec la reconnaissance des figures géométriques planes, ces différences n'ayant pas été examinées dans les études antérieures (Kalenine *et al.*, 2011; Pinet et Gentaz, 2008).

Cette absence de différences en fonction du sexe est tout de même étonnante, voire contre-intuitive, étant donné que des différences entre les garçons et les filles avaient été observées dans l'étude de Casey *et al.* (2008) portant sur l'enseignement des mathématiques par le biais de la littérature jeunesse. Une différence entre les garçons et les filles était également attendue parce que, comme certains chercheurs l'ont déjà observé, les garçons auraient plus de facilité que les filles dans les tâches de résolution de problèmes et de visualisation spatiale (Declercq, 2008) ou de rotation mentale (Moè, 2018).

5.7 L'EFFET DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT EN FONCTION DU SEXE DES ÉLÈVES ET DU GROUPE

Finalement, notre troisième sous-objectif de recherche visait à vérifier s'il existait un effet d'interaction entre le sexe et le groupe sur le lien entre la séance d'entrainement et la reconnaissance des figures. Dans notre échantillon, aucune différence significative n'a été observée entre les moyennes obtenues par les garçons et par les filles de chaque groupe dans le temps pour les bonnes reconnaissances du triangle et du rectangle. Par contre, pour les fausses reconnaissances du triangle et du rectangle, une différence significative a été observée. Plus spécifiquement, pour le rectangle, les filles du groupe A ont fait beaucoup plus d'erreurs de reconnaissance au pré-test que les filles des deux autres groupes. Cependant, au post-test, leurs résultats ne se sont pas distingués de ceux de leurs consœurs. Comme dans l'étude de Voyer *et al.* (2018), ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que ce sont les élèves qui avaient initialement plus de difficultés au prétest, dans ce cas-ci des filles, qui ont davantage bénéficié d'un enseignement fait à partir de la littérature jeunesse.

Nos résultats suggèrent que l'utilisation de la littérature jeunesse pourrait favoriser l'acquisition de certaines connaissances géométriques chez les élèves, et en particulier chez les filles qui, au départ, ont plus de difficultés avec les fausses reconnaissances du rectangle. Ces résultats, du moins pour ce sous-groupe, sont cohérents avec ceux de Casey *et al.* (2008) qui ont montré que l'utilisation de la littérature jeunesse était plus efficace pour contribuer à l'acquisition de connaissances spatiales chez les filles que chez les garçons. Vivre une activité basée sur une histoire pourrait contribuer à mettre les élèves en confiance lors de la tâche, car ce ne sont plus eux qui ont un problème à résoudre, ils doivent simplement aider un personnage à résoudre le sien (Casey *et al.*, 2004; Voyer *et al.*, 2018).

5.8 LES LIMITES DE LA RECHERCHE

Les résultats de cette étude doivent être interprétés à la lumière de certaines limites méthodologiques.

En premier lieu, malgré la participation de 48 élèves, répartis dans trois classes de première année du primaire, il aurait été intéressant d'avoir un plus grand effectif. La faible puissance statistique a limité notre capacité à détecter des différences significatives dans le temps, notamment pour les bonnes reconnaissances du triangle, entre les groupes et entre les garçons et les filles. Malgré la petite taille de l'échantillon, cette étude a permis de montrer que l'utilisation de la littérature jeunesse comme contexte pour faire vivre aux élèves une activité portant sur la reconnaissance du triangle et du rectangle permet une amélioration significative de la reconnaissance des bons exemplaires du rectangle et une diminution significative des erreurs pour les deux figures.

Cette étude s’appuyait sur un devis prétest/post-test et n’a pas permis de vérifier si les apprentissages des élèves se maintenaient dans le temps. Il aurait donc été intéressant d’ajouter une mesure de relance une à deux semaines plus tard afin d’évaluer le maintien des acquis. Par ailleurs, l’échantillon de cette étude comprend uniquement des élèves de la première année du premier cycle. Par conséquent, ses résultats ne peuvent pas être généralisés à tous les élèves de ce cycle. Une étude future qui évaluerait la même activité auprès d’élèves de la première et de la deuxième année du premier cycle du primaire, qui ont les mêmes cibles d’apprentissage, pourrait vérifier si l’efficacité de la séquence varie en fonction de l’âge des élèves.

L’absence d’un groupe contrôle constitue aussi une limite. En effet, la présence d’un groupe contrôle aurait permis de déterminer si la séquence d’enseignement réalisée avait contribué à l’amélioration de la reconnaissance des figures plus significativement pour les élèves qui l’ont vécue que pour ceux qui auraient été exposés à une autre forme d’enseignement, l’une d’entre elles s’appuyant sur les outils didactiques habituellement utilisés par les enseignants de la première année du primaire. Par exemple, il aurait été possible d’imaginer une séquence d’enseignement qui ne s’appuie pas sur la littérature jeunesse, mais sur un jeu de tri de pièces de carton où les mêmes figures sont dessinées, découpées, comparées, regroupées. Par la suite, il serait possible de comparer les deux formes d’enseignement et de mesurer l’efficacité de l’utilisation du livre conçu pour la présente recherche. Les résultats de cette étude de nature exploratoire apportent néanmoins un premier éclairage sur l’utilité de la séquence d’enseignement et soutiennent la pertinence d’utiliser la littérature jeunesse pour enseigner la reconnaissance des figures géométriques planes. Ces résultats demeurent à confirmer dans une étude qui comprend un groupe contrôle.

Dans de futures recherches, il serait intéressant d’avoir un plus grand échantillon. Cela permettrait par exemple de faire des analyses supplémentaires afin de vérifier, sur le plan statistique, si les élèves présentant des difficultés d'apprentissage ont une progression différente de celle des autres élèves ou de mieux comprendre les différences dans les résultats en fonction des difficultés des élèves (voir, par exemple, Voyer *et al.*, 2018). Lors de la passation du prétest et du post-test, il serait intéressant de vérifier s'il était plus efficace d'inverser la façon de poser la question aux élèves, de leur demander de rayer les figures qui ne sont pas des triangles ou qui ne sont pas des rectangles. Ce faisant, l'élève aurait à se concentrer sur un nombre toujours plus petit de figures et donc proposer des réponses qui puissent être plus fiables (Braconne-Michoux, 2009). Il aurait également été pertinent de questionner les élèves sur leur sentiment de compétence en mathématiques et de vérifier s'il pouvait influencer leurs résultats. De plus, comme chaque enseignante a eu la possibilité d'adapter son enseignement selon la dynamique de sa classe (Douady, 1994), les adaptations les plus efficaces, selon les résultats des élèves, auraient eu avantage à être étudiées de manière plus précise afin d'offrir des recommandations ciblées pour bonifier la pratique professionnelle des enseignants. Finalement, l'utilisation de la littérature jeunesse pour l'enseignement de concepts en mathématique semble une voie prometteuse à poursuivre.

5.9 LES RECOMMANDATIONS POUR LA PRATIQUE ENSEIGNANTE

Plusieurs études ont déjà montré que les élèves reconnaissent mieux les figures en position atypique lorsqu'ils ont été exposés à plusieurs de ces exemples (Charnay et Mante, 2016; Clements *et al.*, 1999; Pinet et Gentaz, 2008). Le matériel scolaire existant ne le permet toutefois pas, les figures géométriques planes étant en majorité placées dans des positions prototypiques. Dans le cadre de cette étude, un livre de littérature jeunesse dépassant cette limite a été développé. Sa diffusion pourrait permettre aux enseignantes et aux enseignants de la première année du premier cycle du primaire d'avoir accès à un matériel pédagogique qui pourrait favoriser, chez les élèves, une meilleure reconnaissance des figures en position atypique. De plus, cette étude a permis de développer une séquence d'enseignement comprenant une activité visant le niveau *analyse* de la théorie des niveaux de pensée en géométrie de P.M. van Hiele. Son utilisation pourrait contribuer à une meilleure connaissance des propriétés des figures géométriques chez les élèves. L'utilisation de ce type d'activités pourrait les préparer plus efficacement aux apprentissages futurs, par exemple à ceux du deuxième cycle du primaire portant sur l'inclusion des classes (Braconne-Michoux, 2014). Rendre accessible aux enseignantes et aux enseignants le livre élaboré pour la présente recherche et la séquence d'enseignement-apprentissage qui l'accompagne permettrait d'enrichir le matériel didactique existant pour la reconnaissance du triangle et du rectangle. Malheureusement, un enseignant qui voudrait aborder d'autres propriétés géométriques par le biais de la littérature jeunesse, par exemple les polygones réguliers ou la perpendicularité, devrait investir beaucoup de temps pour créer un livre adapté pour l'enseignement de leurs propriétés. Il ne fait donc aucun doute qu'il devrait se créer un réseau de pairs de manière à ce que plusieurs enseignants contribuent à l'élaboration d'une collection d'ouvrages de littérature jeunesse facilitant l'enseignement des mathématiques. En terminant, étant donné que, dans cette étude, l'efficacité de la séquence d'enseignement s'est révélée être plus importante pour les bonnes reconnaissances du rectangle que pour les bonnes reconnaissances du triangle, comme ce fut le cas dans d'autres études (Clements *et al.*, 1999; Pinet et Gentaz, 2007), il serait pertinent d'y apporter des modifications. En effet, afin d'aider les élèves à améliorer leurs résultats de reconnaissance des bons exemples du triangle, il pourrait être pertinent d'inverser l'ordre de présentation des figures dans la séquence d'enseignement. Cette stratégie pourrait permettre aux élèves de développer des compétences visant le niveau *analyse* en travaillant initialement avec la figure habituellement la mieux reconnue (le rectangle), puis de les mobiliser plus facilement lors de l'épreuve de reconnaissance des triangles.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Intégrer la littérature jeunesse à une activité portant sur la reconnaissance de deux figures géométriques planes, le triangle et le rectangle, a eu, selon nos résultats, un impact positif sur les apprentissages des élèves. En effet, notre étude a montré que les trois groupes d'élèves, garçons et filles, ont significativement amélioré leurs résultats lors de la reconnaissance des bons exemples du rectangle et qu'ils ont significativement diminué leurs erreurs de reconnaissance pour les deux figures.

Dans le cadre de cette étude, une séquence d'enseignement intégrant la littérature jeunesse a été développée dans le but de répondre à un besoin : celui d'offrir du matériel pédagogique visant le niveau *analyse* qui présente à la fois les propriétés de la figure géométrique à l'étude ainsi que plusieurs exemples et contre-exemples (Braconne-Michoux, 2014). Ce n'est qu'en étant exposé à des exemples très variés ou très divers, voire dissemblables (au sens où ils ne se ressemblent pas) de chaque figure, alors qu'ils ont les mêmes caractéristiques géométriques, que l'élève peut réellement être en mesure de comprendre que, par exemple, le mot triangle n'est pas l'image d'une seule figure, mais bien le nom d'une catégorie comprenant une multitude d'exemples. Il sera important de poursuivre dans ce sens, de continuer d'enrichir le matériel didactique existant. L'activité présentée dans le présent projet pourrait également être enrichie afin de devenir réellement de niveau *analyse*. Pour cela, il faudrait demander aux élèves, par exemple, de décalquer ou de décoller (si les figures sont mobiles à l'intérieur du livre) chacune des figures présentées aux pages 6 et 7 ou 12 et 13. En fin d'activité, les figures devraient ensuite être partagées en deux groupes, les figures cibles et les figures distractrices. Par la suite, l'élève pourrait construire ces figures après avoir anticipé les gestes à poser pour le faire.

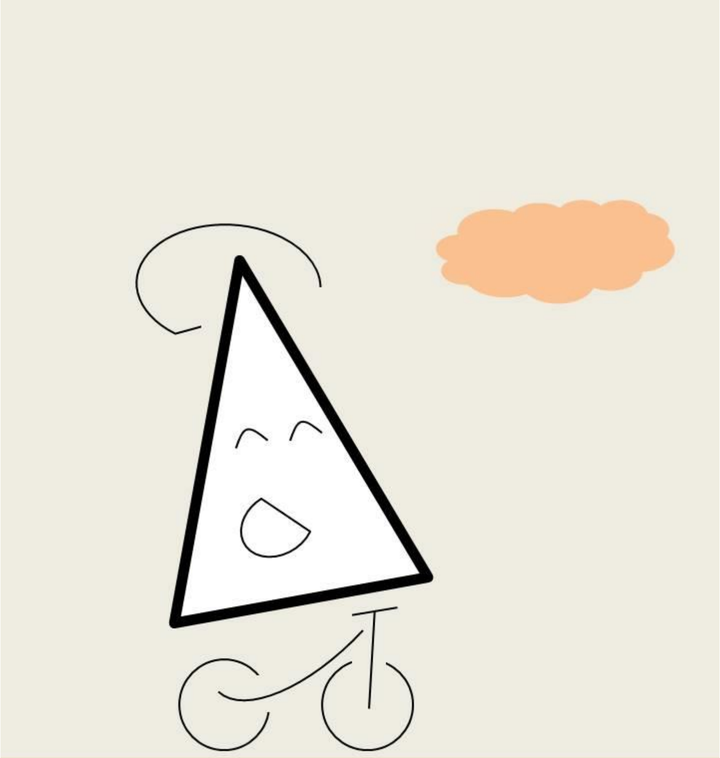
Même si les résultats de cette recherche de nature exploratoire demeurent à confirmer dans une étude qui comprend un groupe contrôle, les résultats apportent un premier éclairage sur la pertinence d'utiliser la littérature jeunesse pour enseigner la reconnaissance des figures géométriques planes. Même si la faible puissance statistique de notre étude a limité notre capacité à détecter des différences significatives, notamment pour les bonnes reconnaissances du triangle, elle a permis d'identifier certains résultats intéressants pour l'utilisation de la littérature jeunesse en mathématiques, plus particulièrement pour la reconnaissance du triangle et du rectangle. Il aurait finalement été intéressant d'ajouter une mesure de relance une à deux semaines plus tard afin d'évaluer le maintien des acquis des élèves.

En terminant, l'originalité de cette recherche venait du fait que les différences entre les sexes ont été prises en compte. Il serait important que les futures recherches aillent dans le même sens, car même si au départ, les résultats obtenus ne montraient aucune différence significative entre les sexes, comme ce fut souvent le cas dans des recherches sur d'autres thèmes mathématiques (Memisevic *et al.*, 2018; Walker et Berthelsen, 2017), ils se sont avérés être prometteurs. En effet, l'inclusion de la littérature jeunesse à une séquence d'enseignement a favorisé la reconnaissance des figures géométriques, en particulier pour les filles de première année du primaire qui éprouvaient des difficultés à reconnaitre les figures rectangulaires présentées dans une position atypique.

ANNEXE I

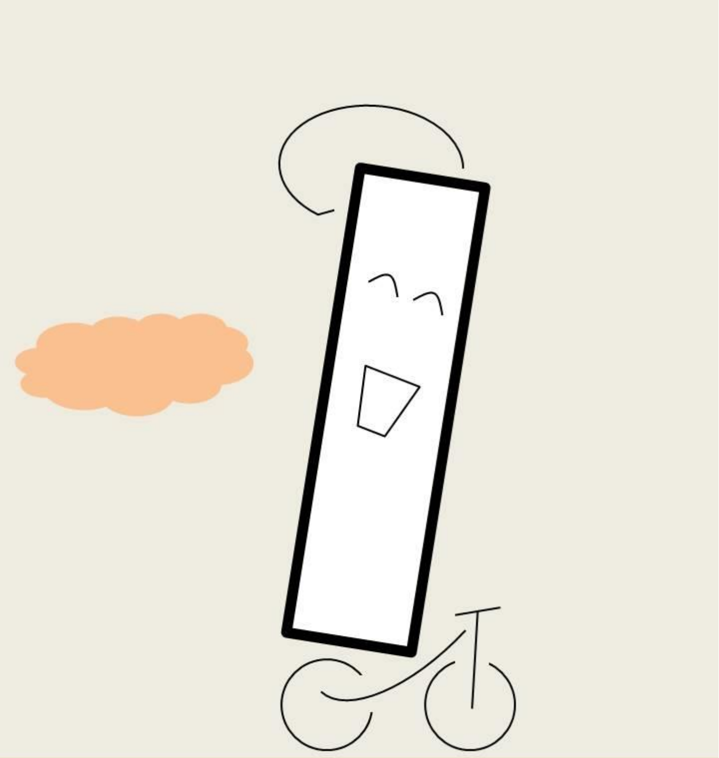
LIVRE DE LITTÉRATURE JEUNESSE


Réunion
de
FAMILLES
Marie-Christine Tremblay



Vivianne et Léonard ont toujours beaucoup de plaisir lorsqu'ils voyagent ensemble.

2



En route, ils s'amusent à repérer des membres de leur famille.

3

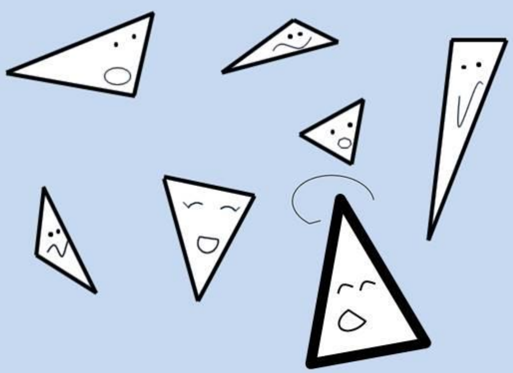
Vivianne appartient à la

grande **famille des triangles**.

Comme tous les triangles, Vivianne est une **figure plane**.

Elle possède **trois côtés** et **trois sommets**.

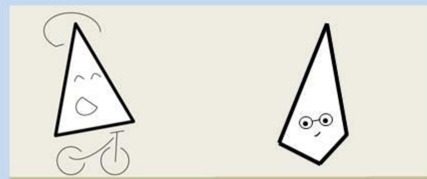
Elle est formée d'une **ligne brisée** et **fermée**.



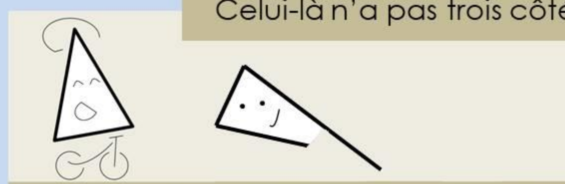
Voici des membres de sa famille.

4

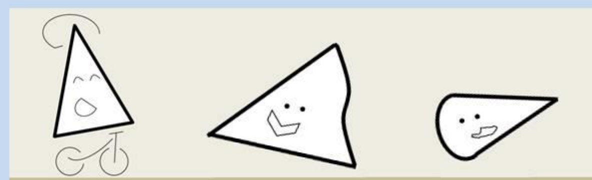
Lorsqu'elle part en vélo, Vivianne vérifie si les habitants qu'elle rencontre ont toutes les caractéristiques de sa famille.



Celui-là n'a pas trois côtés



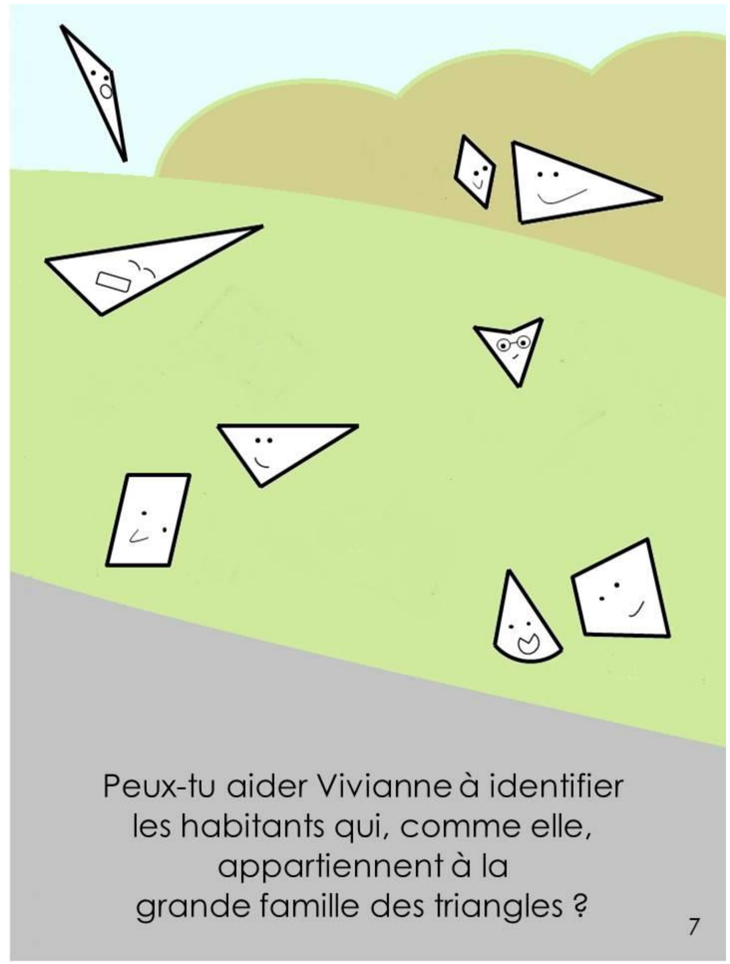
La ligne de celui-là n'est pas fermée



Ceux-ci n'ont pas une ligne brisée

5


En roulant dans
sa ville préférée,
Vivianne sourit
à plusieurs habitants.
6


Peux-tu aider Vivianne à identifier
les habitants qui, comme elle,
appartiennent à la
grande famille des triangles ?
7

Léonard appartient à la grande

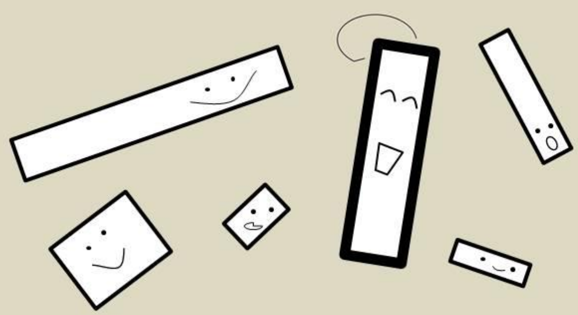
famille des rectangles.

Comme tous les rectangles, Léonard est une **figure plane**.

Il possède **quatre côtés** et **quatre sommets.**

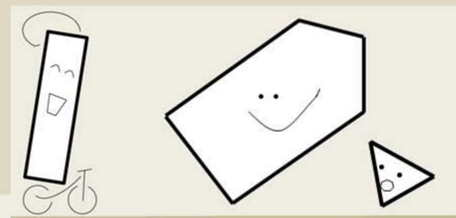
Il est formé d'une **ligne brisée** et **fermée.**

Il a également **quatre angles droits**, droits comme le coin d'une feuille de papier.



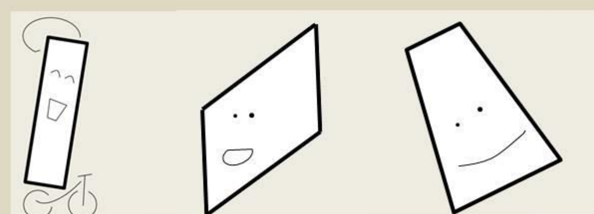
Voici des membres de sa famille.

Lorsqu'il part en vélo, Léonard vérifie si les habitants qu'il rencontre ont toutes les caractéristiques de sa famille.



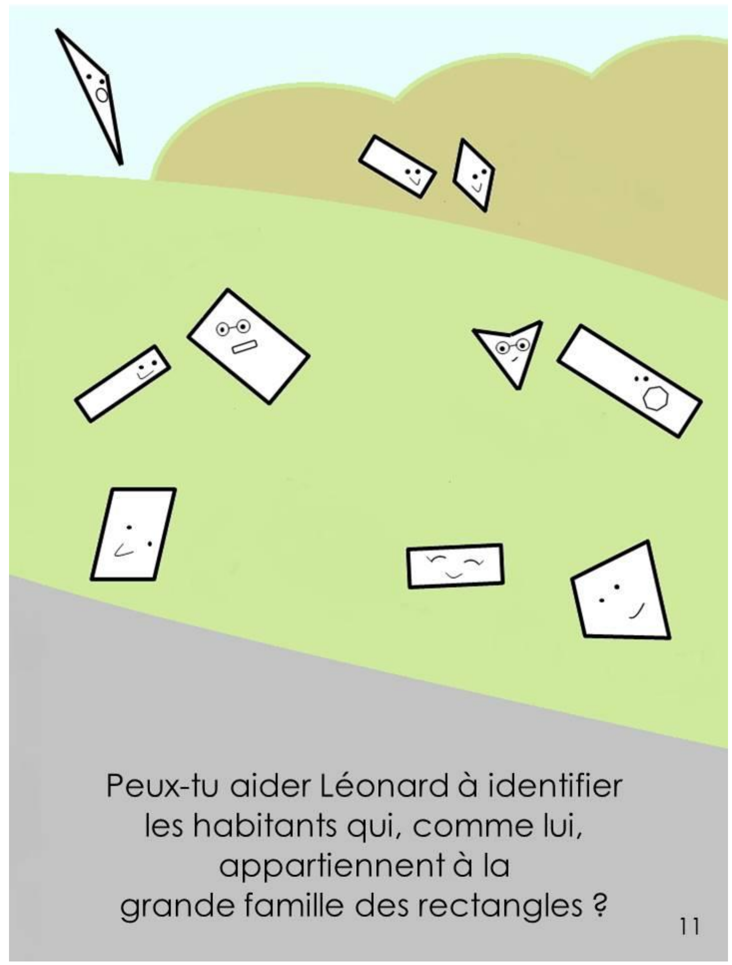
Ceux-là n'ont pas quatre côtés

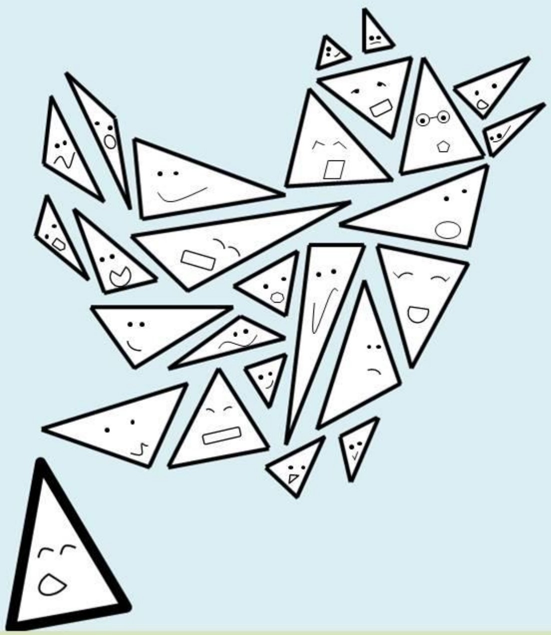
La ligne de celui-là n'est pas fermée



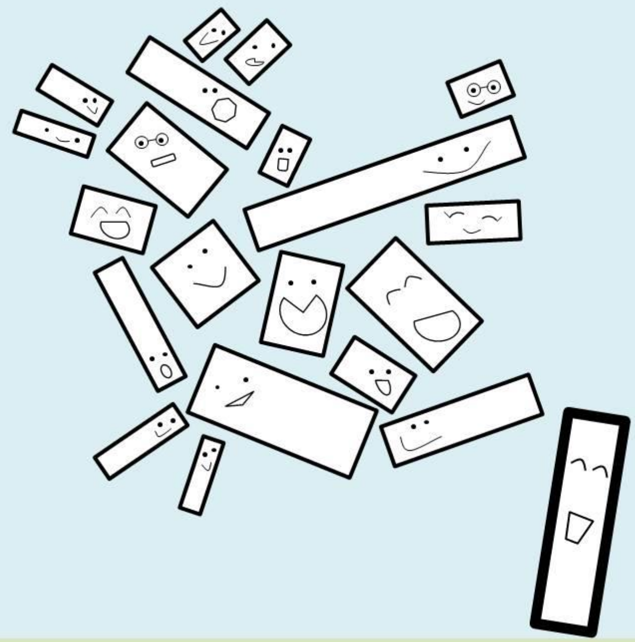
Ceux-là n'ont pas quatre angles droits


En roulant dans
sa ville préférée,
Léonard sourit
à plusieurs habitants.
10

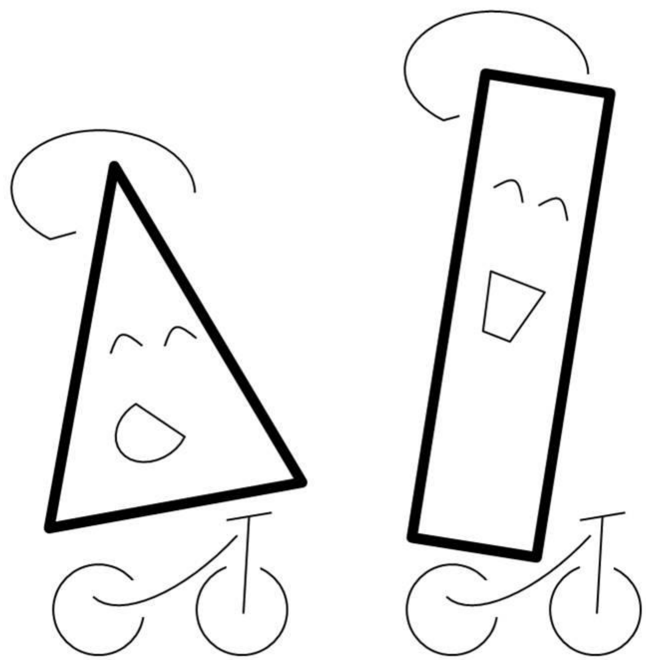

Peux-tu aider Léonard à identifier
les habitants qui, comme lui,
appartiennent à la
grande famille des rectangles ?
11



De retour à la maison, Vivianne et
Léonard exposent fièrement les
photos des membres de leur famille.



Quel bonheur d'admirer cette
grande réunion de familles !



ANNEXE II

PROTOCOLE

Protocole pour l'activité

Prétest

- ☐ Travail individuel nécessitant seulement crayon et gomme à effacer

- ☐ Distribuer la **feuille sur le triangle**
- ☐ Demander aux élèves d'écrire leur nom
- ☐ Lire et expliquer la consigne : coche (ou colorie) tous les triangles
- ☐ Ramasser les feuilles et les mettre dans l'enveloppe

- ☐ Distribuer la **feuille sur le rectangle**
- ☐ Demander aux élèves d'écrire leur nom
- ☐ Lire et expliquer la consigne : coche (ou colorie) tous les rectangles
- ☐ Ramasser les feuilles et les mettre dans l'enveloppe

- ☐ Remettre l'enveloppe à Marie-Christine sans regarder les copies des élèves

Activité 1 - le triangle

- Placer les élèves en équipe de deux, ils n'auront besoin d'aucun matériel
- Préparer l'activité qui sera projetée sur le tableau
- Distribuer un **livre « Réunion de familles »** pour deux élèves
- Mettre en marche l'enregistreuse, mentionner la date et l'heure

- Lire les **pages 1 à 7** en expliquant certains termes au besoin :
  - Figure plane
  - Côté
  - Sommet
  - Ligne brisée fermée

- Demander aux **élèves de retourner aux pages 4-5**
- **Afficher l'activité** des pages 6-7 au tableau :
  - Pour chaque figure, demander « **Est-ce que c'est un triangle?** »

    Si oui, l'élève doit **dire pourquoi** c'est un triangle en se référant aux caractéristiques de la page 4. Par exemple : c'est un triangle, car c'est une figure plane qui possède trois côtés, trois sommets et il est formé d'une ligne brisée et fermée

    Si non, il doit **dire pourquoi** en se référant à la page 5. Par exemple : ce n'est pas un triangle, car la figure n'a pas trois côtés, elle en a quatre

  - Au tableau, **cocher** (ou colorier) **les triangles** et laisser les autres figures intactes (comme au prétest)
  - Essayer de vérifier la compréhension de tous les élèves.

- Conclure en lisant les **pages 12 et 13** du livre
- **Ramasser** les livres

Activité 2 - le rectangle

- Placer les élèves en équipe de deux, ils n'auront besoin d'aucun matériel
- Préparer l'activité qui sera projetée sur le tableau
- Distribuer un **livre « Réunion de familles »** pour deux élèves
- Mettre en marche l'enregistreuse, mentionner la date et l'heure

- Lire les **pages 1 à 3 et 8 à 11** en expliquant certains termes au besoin :
  - Figure plane
  - Côté
  - Sommet
  - Ligne brisée fermée
  - Angle droit

- Demander aux **élèves de retourner aux pages 8-9**
- **Afficher l'activité** des pages 10-11 au tableau :
  - Pour chaque figure, demander « **Est-ce que c'est un rectangle?** »

    Si oui, l'élève doit **dire pourquoi** c'est un rectangle en se référant aux caractéristiques de la page 8. Par exemple : c'est un rectangle, car c'est une figure plane qui possède quatre côtés, quatre sommets, il est formé d'une ligne brisée et fermée et il a quatre angles droits

    Si non, il doit **dire pourquoi** en se référant à la page 9. Par exemple : ce n'est pas un rectangle, car la figure n'a pas quatre côtés, elle en a cinq

  - Au tableau, **cocher** (ou colorier) **les rectangles** et laisser les autres figures intactes (comme au prétest)
  - Essayer de vérifier la compréhension de tous les élèves.

- Conclure en lisant les **pages 12 et 13** du livre
- **Ramasser** les livres

Si un élève pose la question, dire que le carré est effectivement dans la famille des rectangles, mais qu'il est spécial, car il a en plus quatre côtés égaux.

Post-test

- ☐ Travail individuel nécessitant seulement crayon et gomme à effacer

- ☐ Distribuer la **feuille sur le triangle**
- ☐ Demander aux élèves d’écrire leur nom
- ☐ Lire et expliquer la consigne : coche (ou colorie) tous les triangles
- ☐ Ramasser les feuilles et les mettre dans l’enveloppe

- ☐ Distribuer la **feuille sur le rectangle**
- ☐ Demander aux élèves d’écrire leur nom
- ☐ Lire et expliquer la consigne : coche (ou colorie) tous les rectangles
- ☐ Ramasser les feuilles et les mettre dans l’enveloppe

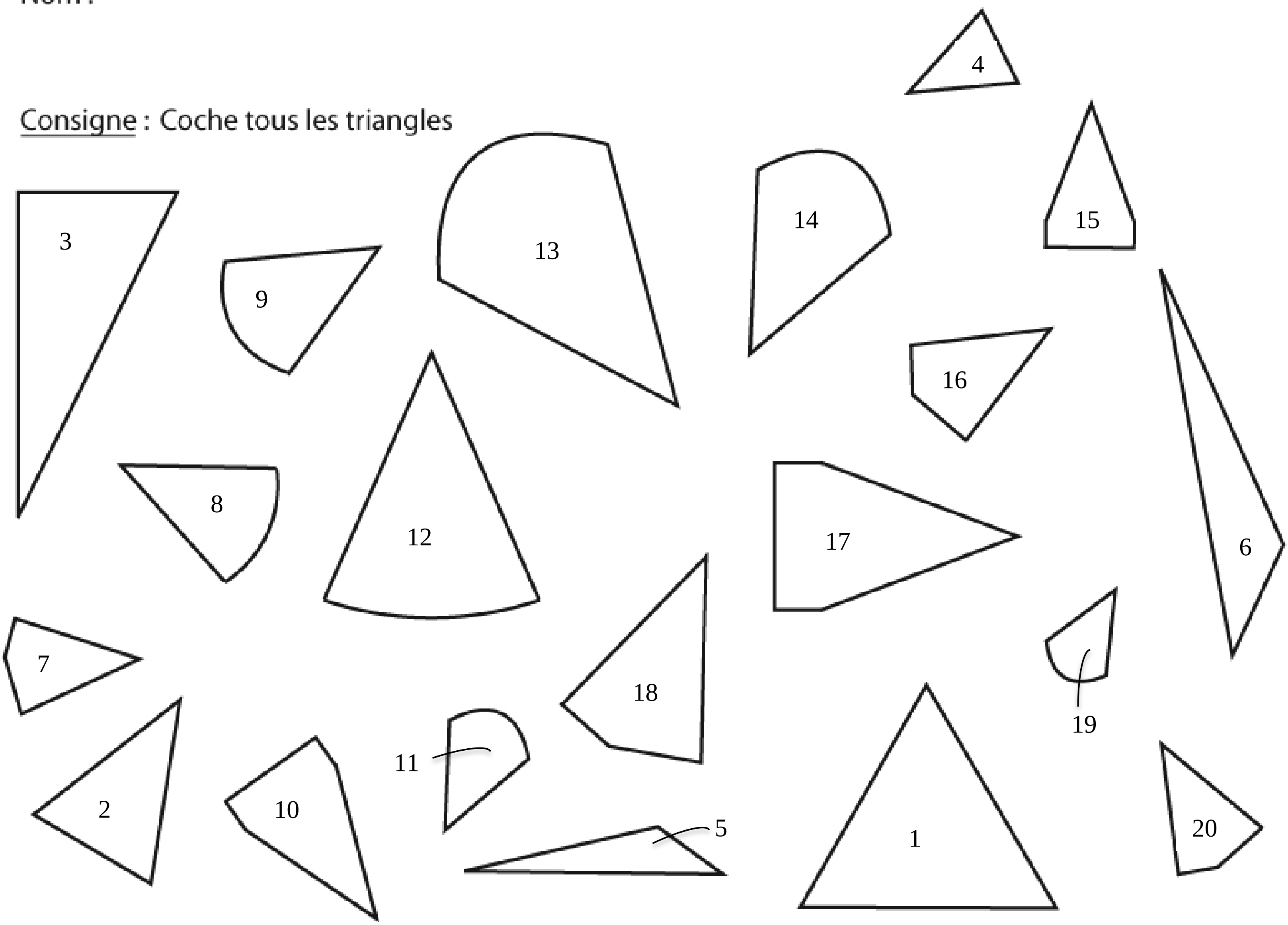
- ☐ Remettre l’enveloppe à Marie-Christine sans regarder les copies des élèves

ANNEXE III

PRÉTEST ET POST-TEST

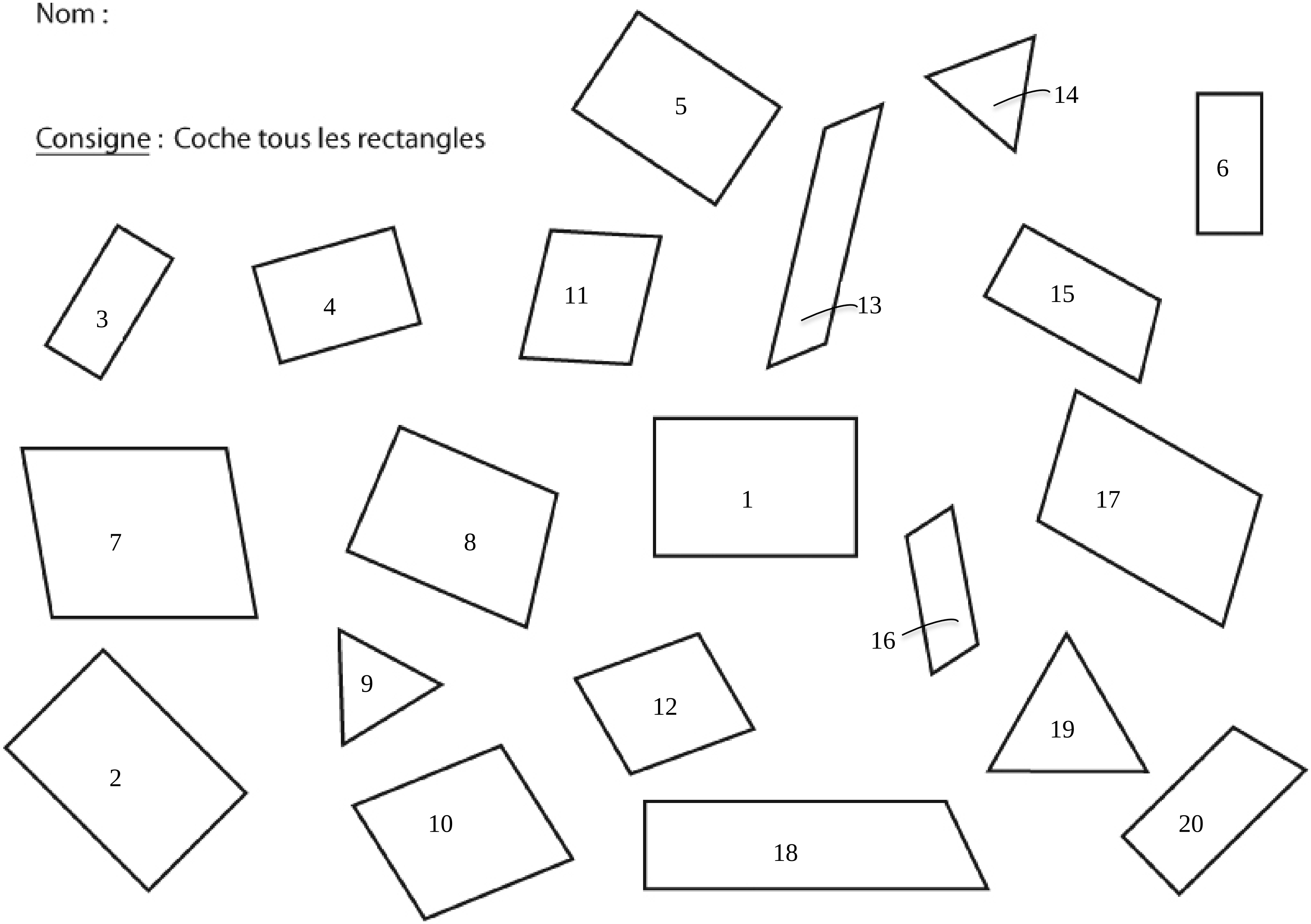
Nom :

Consigne : Coche tous les triangles



Nom :

Consigne : Coche tous les rectangles



ANNEXE IV

GRILLE DE FIDÉLITÉ DE L'IMPLANTATION

DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT

Fidélité de l'implantation - grille

Activité 1 - le triangle

1. Distribuer un **livre « Réunion de familles »** pour deux élèves
2. Lire les **pages 1 à 7**
3. Expliquer certains termes au besoin :
    - Figure plane
    - Côté
    - Sommet
    - Ligne brisée fermée
4. Demander aux **élèves de retourner aux pages 4-5**
5. **Afficher l'activité** des pages 6-7 au tableau :
    - Pour chaque figure, demander « **Est-ce que c'est un triangle?** »

6. **Si oui**, l'élève doit **dire pourquoi** c'est un triangle en se référant aux caractéristiques de la page 4. Par exemple : c'est un triangle, car c'est une figure plane qui possède trois côtés, trois sommets et il est formé d'une ligne brisée et fermée

7. **Si non**, il doit **dire pourquoi** en se référant à la page 5. Par exemple : ce n'est pas un triangle, car la figure n'a pas trois côtés, elle en a quatre

8. Au tableau, **cocher** (ou colorier) **les triangles** et laisser les autres figures intactes (comme au prétest)

9. Conclure en lisant les **pages 12 et 13** du livre

Activité 2 - le rectangle

10. Distribuer un **livre « Réunion de familles »** pour deux élèves
11. Lire les **pages 1 à 3 et 8 à 11**
12. Expliquer certains termes au besoin :
    - Figure plane
    - Côté
    - Sommet
    - Ligne brisée fermée
    - Angle droit
13. Demander aux **élèves de retourner aux pages 8-9**
14. **Afficher l'activité** des pages 10-11 au tableau :
    - Pour chaque figure, demander « **Est-ce que c'est un rectangle?** »
15. **Si oui**, l'élève doit **dire pourquoi** c'est un rectangle en se référant aux caractéristiques de la page 8. Par exemple : c'est un rectangle, car c'est une figure plane qui possède quatre côtés, quatre sommets, il est formé d'une ligne brisée et fermée et il a quatre angles droits
16. **Si non**, il doit **dire pourquoi** en se référant à la page 9. Par exemple : ce n'est pas un rectangle, car la figure n'a pas quatre côtés, elle en a cinq
17. Au tableau, **cocher** (ou colorier) **les rectangles** et laisser les autres figures intactes (comme au prétest)
18. Conclure en lisant les **pages 12 et 13** du livre

.

ANNEXE V

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE

UQAR
Université du Québec
à Rimouski

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE

Titulaire du projet :	Marie-Christine Tremblay
Unité de recherche :	Maîtrise en éducation (profil recherche)
Nom de la directrice :	Miranda Rioux
Titre du projet :	Reconnaissance de figures géométriques usuelles dans des positions atypiques par des élèves de la première année du premier cycle du primaire.

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

Réservé au CÉR

No de certificat :	CÉR-99-730
Période de validité du certificat :	Du 22 février 2018 au 21 février 2019

Johanne Boisjoly, présidente du CÉR-UQAR

22 février 2018
Date

Certificat émis par le sous-comité d'évaluation déléguée. Ce certificat sera entériné par le CÉR-UQAR lors de sa prochaine réunion.

ANNEXE VI

FORMULAIRES DE CONSENTEMENT

(à l'intention des enseignants et des parents)

UQAR

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT
À L'INTENTION DES ENSEIGNANTS

Titre de la recherche :	**Reconnaissance de figures géométriques usuelles dans des positions atypiques par des élèves de la première année du primaire**
Chercheure :	**Marie-Christine Tremblay**
Directrice de recherche :	**Miranda Rioux**

A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

Dans le cadre d'un mémoire de maîtrise en éducation, nous effectuons une recherche sur la reconnaissance du triangle et du rectangle par les élèves de la première année du primaire.

Nous sollicitons aujourd'hui votre autorisation afin que vous puissiez y participer ainsi que pour nous permettre d'enregistrer, de façon audio seulement, les interactions entre vous et les élèves de la classe.

1. Objectifs de la recherche

En première année du primaire, un des objectifs de l'enseignement des mathématiques est que les élèves puissent identifier correctement le triangle et le rectangle. Par contre, nous avons constaté qu'ils voient presque toujours les mêmes exemplaires de ces figures, c'est-à-dire le triangle avec trois côtés et trois angles égaux et le rectangle reposant sur son côté le plus long. Puisque ces figures peuvent également prendre plusieurs autres aspects, nous désirons évaluer si l'exposition à diverses représentations du triangle et du rectangle permettra aux élèves d'améliorer leurs résultats quant à la reconnaissance de ces figures.

2. Participation à la recherche

Pour les besoins de cette recherche, nous allons d'abord vérifier les connaissances de chaque enfant à l'aide de deux feuilles-tests, une pour le triangle et une pour le rectangle, pour une durée d'environ 20 minutes. Par la suite, c'est à travers deux séances d'activités amusantes et éducatives, d'une durée d'environ 40 minutes chacune, que les enfants seront amenés à reconnaître les divers aspects que peuvent prendre le triangle et le rectangle. Pour l'occasion, nous avons conçu un livre de littérature jeunesse et des fiches d'exercice. Chaque séance aura lieu dans la classe et sera animée par vous. À chaque séance, votre voix sera enregistrée. Au final, nous allons réévaluer les connaissances de chaque enfant, ce qui prendra également environ 20 minutes. Les élèves qui n'auront pas le consentement de leurs parents pour participer à la recherche demeureront dans la classe, sous votre supervision, et ils pourront effectuer des travaux habituels requis dans le cadre de leurs cours.

3. Confidentialité et diffusion des informations

Les résultats de cette recherche feront l'objet de publications scientifiques. Une lettre vous sera également envoyée pour vous informer des conclusions générales du projet. Par contre, en aucun cas un participant ou un enseignant ne pourra être identifié : un numéro de code sera attribué au dossier de chaque participant et seul le chercheur aura accès à la liste des codes. Les données et les enregistrements audio seront préservés dans un endroit sécuritaire, fermé à clé, et ils seront détruits après la fin du processus d'évaluation du mémoire de maîtrise, probablement au printemps 2019.

4. Avantages et inconvénients

Notre projet a été conçu pour que chaque enfant développe ses connaissances en géométrie tout en demeurant dans son milieu naturel, c'est-à-dire dans sa classe et avec son enseignante. Il s'agit là du principal avantage à participer à cette recherche, laquelle n'engage aucun risque ou inconvénient particuliers, mis à part un inconvénient de temps pour l'enseignant (20 minutes, 2 x 40 minutes et 20 minutes).

5. Droit de retrait

Votre participation ainsi que celle de chaque enfant est entièrement volontaire. Vous pouvez, tout comme le pourra chaque enfant, mettre fin à votre collaboration. Il sera possible de le faire en tout temps par avis verbal, sans préjudice et sans avoir à justifier votre décision. Si vous désirez vous retirer du projet, vous pouvez communiquer avec la chercheure, au numéro de téléphone ou à l'adresse courriel indiqués à la dernière page de ce document. Si vous vous retirez de la recherche, les renseignements personnels et les données de recherche vous concernant ou concernant les enfants de la classe et qui auraient été recueillis au moment de votre retrait seraient détruits.

Merci à l'avance de votre précieuse collaboration.

____

Marie-Christine Tremblay
Chercheure à la maîtrise en éducation
Université du Québec à Rimouski

B) CONSENTEMENT

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur ma participation à la recherche et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de cette recherche.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement à prendre part à cette recherche. Je sais que je pourrai me retirer en tout temps sans préjudice et sans devoir justifier ma décision.

Signature : ______________________________ Date : ______________________________

Nom : ______________________________ Prénom : ______________________________

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

Signature de la chercheure : ______________________________ Date : ______________________________

Nom : Tremblay Prénom : Marie-Christine

Pour toute question relative à la recherche, ou pour vous retirer de la recherche, vous pouvez communiquer

avec : Marie-Christine Tremblay, chercheure à la maîtrise en éducation,

au numéro de téléphone suivant : (418) 722-8439

ou à l'adresse de courriel suivante : marie-christine.tremblay@uqar.ca

UQAR

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT
À L'INTENTION DES PARENTS

Titre de la recherche :	**Reconnaissance de figures géométriques usuelles dans des positions atypiques par des élèves de la première année du primaire**
Chercheure :	**Marie-Christine Tremblay**
Directrice de recherche :	**Miranda Rioux**

A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

Dans le cadre d'un mémoire de maîtrise en éducation, nous effectuons une recherche sur la reconnaissance du triangle et du rectangle par les élèves de la première année du primaire.

Nous sollicitons aujourd'hui votre autorisation afin que votre enfant puisse y participer ainsi que pour nous permettre d'enregistrer, de façon audio seulement, les interactions entre l'enseignante de votre enfant et les élèves de la classe.

1. Objectifs de la recherche

En première année du primaire, un des objectifs de l'enseignement des mathématiques est que les élèves puissent identifier correctement le triangle et le rectangle. Par contre, nous avons constaté qu'ils voient presque toujours les mêmes exemplaires de ces figures, c'est-à-dire le triangle avec trois côtés et trois angles égaux et le rectangle reposant sur son côté le plus long. Puisque ces figures peuvent également prendre plusieurs autres aspects, nous désirons évaluer si l'exposition à diverses représentations du triangle et du rectangle permettra aux élèves d'améliorer leurs résultats quant à la reconnaissance de ces figures.

2. Participation à la recherche

Pour les besoins de cette recherche, nous allons d'abord vérifier les connaissances de votre enfant à l'aide de deux feuilles-tests, une pour le triangle et une pour le rectangle. Par la suite, c'est à travers deux séances d'activités amusantes et éducatives, d'une durée d'environ 40 minutes chacune, que votre enfant sera amené à reconnaître les divers aspects que peuvent prendre le triangle et le rectangle. Pour l'occasion, nous avons conçu un livre de littérature jeunesse et des fiches d'exercice. Chaque séance aura lieu dans sa classe et sera animée par son enseignante. La voix de l'enseignante sera enregistrée lors de chaque séance. Au final, nous allons réévaluer les connaissances de votre enfant à l'aide des mêmes deux feuilles-tests.

3. Confidentialité des informations

Les résultats de cette recherche feront l'objet de publications scientifiques. Par contre, en aucun cas un participant ou un enseignant ne pourra être identifié : un numéro de code sera attribué au dossier de chaque participant et seul le chercheur aura accès à la liste des codes. Les données et les enregistrements audio seront préservés dans un endroit sécuritaire, fermé à clé, et ils seront détruits après la fin du processus d'évaluation du mémoire de maîtrise.

4. Avantages et inconvénients

Notre projet a été conçu pour que votre enfant développe ses connaissances en géométrie tout en demeurant dans son milieu naturel, c'est-à-dire dans sa classe et avec son enseignante. Il s'agit là du principal avantage à participer à cette recherche, laquelle n'engage aucun risque ou inconvénient particuliers.

5. Droit de retrait

La participation de votre enfant est entièrement volontaire, tout comme celle de son enseignante. Elle peut, tout comme votre enfant, mettre fin à sa collaboration. Il sera possible de le faire en tout temps par avis verbal, sans préjudice et sans avoir à justifier votre décision. Si vous désirez que votre enfant se retire du projet, vous pouvez communiquer avec la chercheure, au numéro de téléphone ou à l'adresse courriel indiqués à la dernière page de ce document. Si votre enfant se retirait de la recherche, les renseignements personnels et les données de recherche le concernant et qui auraient été recueillis au moment de son retrait seraient détruits. Les élèves qui ne participeront pas à la recherche demeureront dans leur classe, sous la supervision de leur enseignante, et ils pourront effectuer des travaux habituels requis dans le cadre de leurs cours.

Si vous acceptez que votre enfant participe au projet, veuillez complétez la page suivante et la retourner à l'école par le biais de votre enfant. En cas de refus, soyez assurés que votre enfant n'en sera pas pénalisé.

Merci à l'avance de votre précieuse collaboration.

_______________________	_______________________
Marie-Christine Tremblay	Miranda Rioux
Chercheure à la maîtrise en éducation	Directrice de recherche
Université du Québec à Rimouski	

B) CONSENTEMENT

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur la participation de mon enfant à la recherche et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de cette recherche.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement à ce que mon enfant prenne part à cette recherche. Je sais qu'il pourra se retirer en tout temps sans préjudice et sans devoir justifier cette décision.

Signature : ______________________ Date : ______________________

Nom : ______________________ Prénom : ______________________

Si vous désirez être informés des conclusions générales du projet, veuillez nous laisser vos coordonnées :

Adresse électronique : ______________________________

ou

Adresse postale complète : ______________________________

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

Signature de la chercheure : ______________________ Date : ______________________

Nom : Tremblay Prénom : Marie-Christine

Pour toute question relative à la recherche, ou pour vous retirer de la recherche, vous pouvez communiquer

avec : Marie-Christine Tremblay, chercheure à la maîtrise en éducation,

au numéro de téléphone suivant : (418) 722-8439

ou à l'adresse de courriel suivante : marie-christine.tremblay@uqar.ca

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anjum, S. (2015). Gender difference in mathematics achievement and its relation with reading comprehension of children at upper primary stage. *Journal of Education and Practice, 6*(16), 71-75.

Bergeaut, J.-F., Billy, C., Cailhol, M., Couderette, M. et Danos, P. (2016). *Je prépare le concours Professeur des écoles - mathématiques écrit / admissibilité. Tome 2. 6^e^ édition.* Paris : Dunod.

Berthelot, R. et Salin, M.-H. (1993-1994). L'enseignement de la géométrie à l'école primaire. *Grand N, 53*, 39-56.

Bordeleau, L. et Bouffard, T. (1999). Perceptions de compétence et rendement scolaire en première année de primaire. *Enfance, 4*, 379-395.

Bouffard, T., Brodeur, M. et Vezeau, C. (2005). *Les stratégies de motivation des enseignants et leurs relations avec le profil motivationnel d'élèves du primaire, rapport de recherche*. Université du Québec à Montréal et cégep régional de Lanaudière à Joliette.

Bouffard, T., Vezeau, C. et Simard, G. (2006). Motivations pour apprendre à l'école primaire : différences entre garçons et filles et selon les matières. *Enfance, 58*(4), 395-409.

Braconne-Michoux, A. (2009). *Évolution des conceptions et de l'argumentation en géométrie chez les élèves: paradigmes et niveaux de van Hiele à l'articulation CM2 - 6^ème^* (Thèse de doctorat). Université Paris-Diderot.

Braconne-Michoux, A. (2014). Les niveaux de pensée en géométrie de van Hiele : de la théorie à l'épreuve de la classe. *Bulletin AMQ, LIV*(1), 24-51.

Burger, W. F. et Shaughnessy, J. M. (1986). Characterizing the van Hiele levels of development in geometry. *Journal for Research in Mathematics Education, 17*(1), 31-48.

Carmichael, C. (2014). *Gender, parental beliefs and children's mathematics performance : insights from the longitudinal study of australian children*. Communication présentée à la Annual meeting of the mathematics education research group of Australasia (MERGA), Sydney, New South Wales, Australia.

Carpenter, T. P. (2004). Perspective on "The child's thought and geometry". Dans T. P. Carpenter, J. A. Dossey et J. L. Koehler (Éds.), *Classics in mathematics education research* (pp. 243-252). Reston, Virginia: National council of teachers of mathematics.

Casey, B., Erkut, S., Ceder, I. et Young, J. M. (2008). Use of a storytelling context to improve girls' and boys' geometry skills in kindergarten. *Journal of Applied Developmental Psychology, 29*(1), 29-48.

Casey, B., Kersh, J. E. et Young, J. M. (2004). Storytelling sagas : an effective medium for teaching early childhood mathematics. *Early Childhood Research Quarterly, 19*(1), 167-172. Repéré à https://doi.org/110.1016/j.ecresq.2004.1001.1011.

Charnay, R. et Mante, M. (2016). *Hatier Concours. Devenir Professeur des écoles - Mathématiques. Tome 2*. Paris : Hatier.

Clements, D. H. et Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. Dans D. A. Grouws (Éd.), *Handbook on mathematics teaching and learning* (pp. 420-464). New York : Macmillan.

Clements, D. H., Swaminathan, S., Zeitler Hannibal, M. A. et Samara, J. (1999). Young children's concepts of shape. *Journal for Research in Mathematics Education, 30*(2), 192-212.

Clements, D. H., Wilson, D. C. et Sarama, J. (2004). Young children's composition of geometric figures : a learning trajectory. *Mathematical Thinking and Learning, 6*(2), 163-184.

Dane, A. V. et Schneider, B. H. (1998). Program integrity in primary and early secondary prevention : are implementation effects out of control ? *Clinical Psychology Review, 18*(1), 23-45.

Declercq, C. (2008). *De la construction de l'identité séxuée aux différences psychologiques selon le genre*. Communication présentée à la journée des correspondants, Université de Reims Champagne-Ardenne.

Dersoir, A. (2015). *L'espace et la géométrie à l'école primaire : comment enseigner la géométrie dans l'espace à l'école primaire?* (Mémoire du Master 2). Université Angers.

Douady, R. (1994). Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir. *Repères IREM, 15*, 37-61.

Durlak, J. E. (2010). The importance of doing well in whatever you do : a commentary on the special section, "Implementation research in early childhood education". *Early Childhood Research Quarterly, 25*(3), 348-357.

Dusenbury, L., Brannigan, R., Falco, M. et Hansen, W. B. (2003). A review of research on fidelity of implementation : implications for drug abuse prevention in school settings. *Health Education Research, 18*(2), 237-256.

Ekimova-Boublil, E. (2005). *Le rôle des activités expérimentales dans la construction des concepts géométriques*. UQAM, Montréal.

Elia, I., Gagatsis, A. et Kryriakides. (2003). Young children's understanding of geometric shapes : the role of geometric models. *European Early Childhood Education Research Journal, 11*(2), 349-355.

Fischer, C., Ferdinansen, K. et Bornstein, M. (1981). The role of symmetry in infant form discrimination. *Child Development, 52*, 457-462.

Fisher, K. R., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. et Golinkoff, R. M. (2013a). Taking shape : supporting preschoolers' acquisition of geometric knowledge through guided play. *Supporting Information, Appendix S1. Pedagaoy Instructional Scripts.* Repéré à https://srcd.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cdev.12091

Fisher, K. R., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. et Golinkoff, R. M. (2013b). Taking shape : supporting preschoolers' acquisition of geometric knowledge through guided play. *Child Development, 84*(6), 1872-1878.

Fortin, M.-F. et Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche*. Montréal : Chenelière Éducation.

Gaudreau, N., Royer, É., Beaumont, C. et Frenette, É. (2012). Le sentiment d'efficacité personnelle des enseignants et leurs pratiques de gestion de la classe et des comportements difficiles des élèves. *Revue Canadienne de l'Éducation, Canadian Society for the Study of Education/Société canadienne pour l'étude de l'éducation, 35*(1), 82-101.

Haack, C. L. (2011). *Improving students mathematical enjoyment through mathrelated literature* (Thèse de doctorat). Vancouver Island University, Colombie-Britannique.

Hannibal, M. A. (1999). Young children's developing understanding of geometric shapes. *Teaching Children Mathematics, 5*(6), 353-357.

Hock, T. T., Tarmizi, R. A., Yunus, A. S. M. et Ayub, A. F. (2015). Understanding the primary school students' van Hiele levels of geometry thinking in learning shapes and spaces : a Q-methodology. *Eurasia Journal of Mathematics, Sciences & Technology Education, 11*(4), 793-802.

Hoffer, A. (1981). Geometry is more than proof. *Mathematics Teacher, 74*(1), 11-18.

Hofmeister, M. et Blatti, S. (2016). *Les interactions enseignant-e–élèves selon le genre de l'élève dans la discipline des mathématiques*. Haute école pédagogique du canton de Vaud.

Hong, H. (1996). Effects of mathematics learning through children's literature on math achievement and dispositional outcomes. *Early Childhood Research Quarterly, 11*(4), 477-494.

Janvier, B. et Testu, F. (2005). Développement des fluctuations journalières de l'attention chez des élèves de 4 à 11 ans. *Enfance, 57*(2), 155-170.

Jennings, C. M., Jennings, J. E., Richey, J. et Dixonkrauss, L. (1992). Increasing interest and achievement in mathematics through children's literature. *Early Childhood Research Quarterly, 7*(2), 263-276.

Kalenine, S., Pinet, L. et Gentaz, E. (2011). The visual and visuo-haptic exploration of geometrical shapes increases their recognition in preschoolers. *International Journal of Behavioral Development, 35*(1), 18-26.

Keat, J. B. et Wilburne, J. M. (2009). The impact of storybooks on kindergarten children's mathematical achievement and approaches to learning. *US-China Education Review, 6*(7), 61-67. Repéré à https://eric.ed.gov/?id=ED506319.

Kutash, K., Duchnowski, A. J. et Lynn, N. (2009). The use of evidence-based instructional strategies in special education settings in secondary schools : development, implementation and outcomes. *Teaching and Teacher Education, 25*(6), 917-923.

Lafortune, L. et Fennema, E. (2003). Croyances et pratiques dans l'enseignement des mathématiques. Dans L. Lafortune, C. Deaudelin, P.-A. Doudin et D. Martin (Éds.), *Conceptions, croyances et représentations en maths, sciences et technos* (pp. 29-57). Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.

Lindberg, S., Linkersdörfer, J., Ehm, J.-H., Hasselhorn, M. et Lonnemann, J. (2013). Gender differences in children's math self-concept in the first years of elementary school. *Journal of Education and Learning, 2*(3), 1-8.

Marchand, P. (2009). Le développement du sens spatial au primaire. *Bulletin AMQ, XLIV* (3), 63-79.

Marchis, I. (2012). Preservice primary school teachers' elementary geometry knowledge. *Acta Didactica Napocensia, 5*(2), 33-40.

Marston, J. (2010). Developing a framework for the selection of picture books to promote early mathematical development. Dans B. K. L. Sparrow, & C. Hurst (Éd.), *Shaping the future of mathematics education : proceedings of the 33rd annual conference of the mathematics education research group of Australasia* (pp. 383-390). Fremantle, Australie : MERGA.

Mason, M. (2009). The van Hiele levels of geometric understanding. *Colección Digital Eudoxus, 1*(2), 4-8.

Mayberry, J. W. (1983). The van Hiele levels of geometric thought in undergraduate preservice teachers. *Journal for Research in Mathematics Education, 14*(1), 58-69.

MÉES. (2017). *Matériel didactique approuvé pour l'éducation préscolaire et l'enseignement primaire*. Québec : Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

MELS. (2009). *Progression des apprentissages - Mathématique - Primaire*. Québec : Gouvernement du Québec.

Memisevic, H., Biscevic, I. et Pasalic, A. (2018). Predictors of math achievement in elementary school students grades 1-3. *Acta Neuropsychologica, 16*(3).

MEQ. (2001). *Programme de formation de l'école québécoise : Éducation préscolaire, Enseignement primaire : Version approuvée*. Québec : Ministère de l'éducation.

Michot, S. (2018). *Étude exploratoire de la description et de la reproduction de figures géométriques chez des élèves du 2^e^ cycle du primaire* (Mémoire de maîtrise). Université de Montréal.

Ministère de l'Éducation de l'Ontario. (2006). *Guide d'enseignement efficace des mathématiques de la 4^e^ à la 6^e^ année. Géométrie et sens de l'espace - Fascicule 1 - Formes géométriques*. Toronto : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Moè, A. (2018). Mental rotation and mathematics : gender-stereotyped beliefs and relationships in primary school children. *Learning and Individual Differences, 61*, 172-180.

Moulin, M. et Deloustal-Jorrand, V. (2015). Building stories in order to reason and prove in mathematics class in primary school. Dans K. Krainer & M. Loka, *CERME9 : proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 156-163). Prague, République Tchèque : Charles University.

Ndolly, G. (2012). *L'apprentissage à l'enseignement de la géométrie : analyse des pratiques de futurs enseignants en stage à l'école primaire au Gabon* (Thèse de doctorat). Université Laval.

Noirfalise, A. et Matheron, Y. (2009). Introduction générale à la géométrie. Dans Vuibert (Éd.), *Enseigner les mathématiques à l'école primaire - Géométrie, grandeurs et mesures - Formation initiale et continue des professeurs des écoles* (pp. 1-26 ; 50-53). Paris : Vuibert.

Organisation de coopération et de développement économiques. (2015). PISA : Écart de performance entre les filles et les garçons. *Les performances des pays par rapport à la moyenne de l'OCDE et les tendances à moyen terme.* Repéré à http://www.compareyourcountry.org/pisa/country/can9?lg=fr

Penner, A. M. et Paret, M. (2008). Gender differences in mathematics achievement : exploring the early grades and the extremes. *Social Science Research, 37*(1), 239-253.

Pinet, L. et Gentaz, E. (2007). La reconnaissance des figures géométriques planes par les enfants de 5 ans. *Grand N, 80,* 17-28.

Pinet, L. et Gentaz, É. (2008). Évaluation d'entrainements multisensoriels de préparation à la reconnaissance de figures géométriques planes chez les enfants de cinq ans: étude de la contribution du système haptique manuel. *Revue française de pédagogie, 162*(1), 29-44.

Raymond, A. M. (1995). Engaging young children in mathematical problem solving : providing a context with children's literature. *Contemporary Education, 66*(3), 172-173. Repéré à https://eric.ed.gov/?id=EJ512830.

Robinson, J. P. et Lubienski, S. T. (2011). The development of gender achievement gaps in mathematics and reading during elementary and middle school : examining direct cognitive assessments and teacher ratings. *American Educational Research Journal, 48*(2), 268-302.

Sinclair, N. et Moss, J. (2012). The more it changes, the more it becomes the same : The development of the routine of shape identification in dynamic geometry environment. *International Journal of Educational Research, 51-52*, 28-44.

Skoumpourdi, C. et Mpakopoulou, I. (2011). The prints : picture book for pre-formal geometry. *Early Childhood Education Journal, 39*(3), 197-206.

Smith, L., Ping, R. M., Matlen, B. J., Goldwater, M. B., Gentner, D. et Levine, S. (2014). Mechanisms of spatial learning : teaching children geometric categories. Dans C. Freksa, B. Nebel, M. Hegarty et T. Barkowsky (Éds.), *Spatial cognition IX* (pp. 325-337). Bremen, Germany : Springer International Publishing Switzerland.

Tucker, C., Boggan, M. et Harper, S. (2010). Using children's literature to teach measurement. *Reading Improvement, 47*(3), 154-161.

Usiskin, Z. (1982). *Van Hiele levels and achievement in secondary school geometry* (CDASSG Project). University of Chicago.

Van de Walle, J. A. et Lovin, L. H. (2007). La pensée et les concepts en géométrie *L'enseignement des mathématiques : l'élève au centre de son apprentissage* (Vol. 1, pp. 195-236). Saint-Laurent : ERPI, Renouveau Pédagogique.

Van der Maren, J.-M. (2003). *La recherche appliquée en pédagogie. Des modèles pour l'enseignement. 2e éd.* Bruxelles : De Boeck Université.

van Hiele, P. M. (1959). Development and learning process. *Acta Paedogogica Ultrajectina*, 1-31.

van Hiele, P. M. (1999). Developing geometric thinking through activities that begin with play. *Teaching Children Mathematics, 5*(6), 310-316.

Voyer, D., Lavoie, N., Goulet, M.-P. et Forest, M.-P. (2018). La littérature jeunesse pour enseigner les mathématiques : résultats d'une expérimentation en première année. *Revue canadienne de l'éducation, 41*(3), 634-660.

Walker, S. et Berthelsen, D. (2017). Gender differences in early literacy and mathematics achievement and self-regulatory behaviours in the first year of school : an Australian study. *Australasian Journal of Early Childhood, 42*(1), 70.

Whittin, D. J. et Wilde, S. (1992). *Read any good math lately? : Children's books for mathematical learning*. Portsmouth : Heinemann educational books.

Wilburne, J. M. et Napoli, M. (2008). Connecting mathematics and literature : an analysis of pre-service elementary school teachers' changing beliefs and knowledge. *Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers, 2*.