UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN ÉDUCATION, CONCENTRATION ORTHOPÉDAGOGIE

PAR

MARIE-PIER GRAVEL

LES HABILETÉS VISUO-SPATIALES UTILISÉES PAR DES ÉLÈVES EN DIFFICULTÉ D'APPRENTISSAGE EN MATHÉMATIQUES

9 FÉVRIER 2016

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MAÎTRISE EN ÉDUCATION CONCENTRATION ORTHOPÉDAGOGIE (M. Ed.)

PROGRAMME OFFERT PAR L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

LES HABILETÉS VISUO-SPATIALES UTILISÉES PAR DES ÉLÈVES EN DIFFICULTÉ D'APPRENTISSAGE EN MATHÉMATIQUES

PAR

MARIE-PIER GRAVEL

Pascale Blouin	
Directrice de recherche	Université du Québec à Trois-Rivières
Sylvain Vermette	
Codirecteur de recherche	Université du Québec à Trois-Rivières
Pascale Blouin, évaluatrice	Université du Québec à Trois-Rivières
Corneille Kazadi, évaluateur	Université du Québec à Trois-Rivières

Sommaire

Dès le plus bas âge, le développement du sens spatial chez l'enfant s'entame alors qu'il doit se situer dans l'espace. Cependant, au fil des ans, certains enfants connaissent davantage de difficultés à établir des relations entre les objets présents dans leur environnement, à se situer dans l'espace et à concevoir des éléments bidimensionnels et tridimensionnels. Dans le milieu scolaire, on dira qu'ils sont considérés comme des élèves à risque, puisque leur réussite des mathématiques, entre autres, est précaire. En ce sens, cet essai vise à explorer les habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves ayant des difficultés d'apprentissage en mathématiques au secondaire.

Dans le but de mieux évaluer et de mieux définir les interventions orthopédagogiques à préconiser en mathématiques au secondaire, cette recherche vise à explorer et à analyser les habiletés visuo-spatiales qui sont utilisées chez les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques. Par le biais d'études de cas, les habiletés visuo-spatiales de 10 élèves inscrits en mathématiques de troisième secondaire sont comparées aux quatre premiers niveaux de pensée du modèle théorique de Van Hiele (1959). Sur un ensemble de cinq niveaux de pensée, ces quatre premiers niveaux ont trait à des objets de pensée, à savoir des concepts mathématiques enseignés, du primaire jusqu'au début du secondaire. Cette cueillette de données permet de recenser les conduites des élèves quant aux habiletés visuo-spatiales qu'ils utilisent, de même que de détailler les difficultés qu'ils rencontrent en géométrie.

Pour terminer, l'analyse et l'interprétation des résultats de ces études de cas permettent de dresser un portrait des habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves, mais aussi d'obtenir une vision d'ensemble des habiletés visuo-spatiales qui ne sont pas utilisées, des stratégies mises de l'avant et des difficultés rencontrées par cette clientèle. L'ensemble de ces résultats est le point de départ d'une réflexion, à l'égard de l'évaluation des difficultés d'apprentissage en mathématiques au secondaire et des interventions orthopédagogiques à privilégier, pour soutenir la réussite scolaire des élèves en difficulté d'apprentissage en géométrie.

Table des matières

Remerciements

La réalisation de cet essai était, au départ, un défi personnel. Entre toutes ces lignes se sont glissés quelques moments de rire et de découragement, de remises en question, de persévérance et de rigueur. Au courant des derniers mois, les heures passées à rédiger, à lire, à chercher, à analyser ont parfois été pénibles, mais maintenant, aucun mot ne peut exprimer le sentiment d'accomplissement et la satisfaction que je vis au quotidien, en travaillant auprès de ces charmants élèves.

Si je suis parvenue à la ligne d'arrivée, c'est grâce au support de Pascale Blouin et Sylvain Vermette qui ont été d'excellents directeurs de recherche. Tout au long de mon cheminement, ils m'ont permis de prendre confiance pour mener à bien ce projet. Je tiens à les remercier pour leurs précieux conseils qui m'ont permis d'écrire ces pages avec justesse. Un merci tout spécial à la direction de l'école secondaire de l'Érablière pour m'avoir permis de procéder à l'analyse des difficultés d'apprentissage en mathématiques. Merci également aux parents et aux élèves ayant accepté de participer à cette recherche. Les échanges que nous avons eus quant à leur compréhension et leur raisonnement mathématique m'ont permis d'acquérir une riche expérience professionnelle qui n'aurait pas été possible sans eux.

D'un point de vue plus personnel, je ne peux passer sous silence l'appui et les nombreux encouragements de mon père, ma mère, ma sœur et mon frère qui ont toujours été derrière moi depuis le début de mes études postsecondaires. Votre disponibilité et votre dévouement m’ont permis de concilier travail et études, mais surtout, d’atteindre un grand objectif et de connaître des réussites que je croyais moi-même utopiques au départ. Merci d’être encore et toujours à mes côtés, merci d’être si compréhensifs et ouverts à mes millions de projets, merci de croire en moi depuis maintenant 30 ans !

Merci également à mes quatre alter ego, Myriam, Michèle, Véronique et Josée, de même qu’à Joanie, Valérie et Julie K., qui étaient toujours présentes pour me divertir et me donner un nouvel élan, afin de poursuivre cette recherche. Votre écoute, votre humour et votre support ont rendu possible la concrétisation de ce rêve, sachez-le ! Vous avez été de ceux qui y croyaient, parfois plus que moi, et je vous en serai éternellement reconnaissante. Merci pour cette grande amitié, merci pour cette complicité !

Finalement, merci à Yves, Annie, Julie L. et Yannick, quatre collègues et amis exceptionnels qui m’ont permis de me dépasser professionnellement. Votre patience, votre sagesse et votre conviction profonde à mon égard ont rendu possible l’accomplissement de ces études de cycles supérieurs. Merci de me permettre de voir la vie différemment, merci pour cette confiance inestimable qui s’est installée au fil des ans, mais surtout, merci de toujours comprendre et d’entendre ce qui n’est pas dit !

À présent, je dédie cet essai à Alex-Anne, Sara-Ève et Thomas qui font de moi une tante comblée. Sincèrement, merci à vous tous ! Je vous adore !

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations, des sigles et des acronymes

EHDAA	Élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage
MELS	Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
NCTM	National Council of Teachers of Mathematics
PFEQ	Programme de formation de l'école québécoise
RAI	Réponse à l'intervention (Modèle RAI)

Introduction

Il y a près de quatre ans, un point final était mis à notre parcours au baccalauréat en enseignement au secondaire. Depuis, de nombreux perfectionnements nous sont offerts dans différents domaines de l'éducation, notamment en orthopédagogie. Il s'agit d'un milieu permettant des remises en question et offrant des défis importants quant à la réussite scolaire des élèves. En début de carrière, des contrats dans divers champs d'enseignement nous sont proposés. Au fil de nos enseignements, de nos engagements, une réflexion est soulevée quant à une problématique liée à la réussite des mathématiques chez les élèves du secondaire. La compréhension en résolution de problèmes, le raisonnement mathématique, l'application des règles et les capacités d'abstraction sont difficilement maîtrisés par les élèves. Pourquoi le domaine des mathématiques engendre-t-il autant d'incompréhensions chez les élèves ?

L'analyse du taux de réussite en mathématiques à la commission scolaire a permis de dégager quelques observations. À la fin de l'année scolaire 2011-2012 par exemple, le taux de réussite des élèves de deuxième secondaire en mathématiques était de 63% (133/212) pour l'école secondaire de l'Érablière (Commission scolaire des Samares, 2013). Cependant, depuis cette même année scolaire, les élèves ayant des difficultés dans une seule des trois matières de base, français, mathématiques et anglais, ne peuvent plus chevaucher deux cycles. C'est-à-dire que les normes de promotion pour le deuxième secondaire exigent la réussite de deux matières sur trois, parmi le français, les mathématiques et l'anglais, ainsi que 10 unités supplémentaires. Ainsi, des élèves pouvant avoir échoué les mathématiques depuis le primaire peuvent se retrouver en troisième secondaire sans toutefois en avoir les acquis. Les difficultés recensées en mathématiques chez cette clientèle sont donc préoccupantes puisque l'écart entre les difficultés et la réussite est considérable. Parmi les trois matières de base, soit français, mathématiques et anglais, le taux de réussite le plus faible se retrouve en mathématiques.

Suite à cette première analyse, un intérêt et un questionnement professionnel se sont concentrés sur la nature des difficultés des élèves en mathématiques. Après avoir procédé à l'analyse sommaire d'épreuves complétées par certains élèves, il a été relevé que plusieurs parmi eux obtiennent de faibles résultats, entre autres, dans le domaine de la géométrie. L'observation de difficultés liées aux capacités d'abstraction, à la mentalisation et à l'imagerie mentale a dirigé le questionnement sur les habiletés visuo-spatiales des élèves. Afin de pallier à ces difficultés en géométrie chez les élèves et de proposer aux enseignants des interventions didactiques et orthodidactiques pertinentes, il est, en premier lieu, essentiel d'explorer, par cet essai, les types d'habiletés visuo-spatiales utilisés chez les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques en troisième secondaire.

Dans le premier chapitre, la problématique de recherche sera exposée en portant une attention particulière à la provenance des difficultés rencontrées par les élèves dans l'apprentissage de la géométrie. Au second chapitre, on retrouve le cadre théorique de cet essai. Les modèles théoriques et les recherches servant de balises à cette recherche y sont décrits. Le troisième chapitre fournit quant à lui une description de la méthodologie utilisée pour répondre à la question de recherche. La démarche scientifique et le type de recherche mené afin de vérifier les hypothèses seront alors mis en évidence. L'analyse des résultats de même que leur interprétation selon le cadre théorique établi feront l'objet du quatrième chapitre. Finalement, des conclusions seront tirées de cette recherche et ce, afin de documenter la nature des difficultés des élèves en difficulté en géométrie.

Chapitre 1

Problématique

1.1 L'inclusion scolaire des élèves en difficulté d'apprentissage

Avec l'arrivée de l'inclusion scolaire des élèves en difficulté dans les classes régulières, des mesures ont été mises de l'avant pour contribuer à leur réussite et pour aider les directions d'écoles ainsi que les enseignants à soutenir cette clientèle. Au Québec, la Loi sur l'instruction publique, la Politique de l'adaptation scolaire et le plan d'action pour la réussite des EHDAA ont érigé un cadre et des balises pour aider ces élèves sur le plan de l'instruction, de la socialisation et de la qualification (Bergeron et St-Vincent, 2011). Selon Saint-Laurent, Giasson, Simard, Dionne et Royer (1995), un élève à risque est un jeune qui démontre certaines difficultés d'apprentissage ou qui manifeste des comportements qui sont susceptibles de l'empêcher d'atteindre les objectifs d'apprentissage et de socialisation poursuivis par l'école. En tenant compte de cette définition, dans le cadre de cette recherche, on ne cherchera pas à distinguer systématiquement *élève en difficulté d'apprentissage* et *élève à risque* puisqu'il est aisé de concevoir que les risques d'échecs et de décrochage scolaire sont communs aux élèves désignés par ces deux expressions. Par ailleurs, d'après les recherches de ces mêmes auteurs, un élève sur quatre est considéré à risque au Québec. Étant donné qu'une classe, au secondaire, compte habituellement entre 28 et 32 élèves, on peut donc croire qu'il est possible d'y retrouver entre sept et huit de ces élèves.

Pour le secteur de l'adaptation scolaire, les élèves présentant des difficultés d'apprentissage constituent le plus important effectif des élèves en difficulté d'apprentissage ou à risque (Tardif et Presseau, 2000). Dans le rapport d'évaluation de la politique de l'adaptation scolaire (Gaudreau, Legault, Brodeur, Hurteau, Dunberry, Séguin et Legendre, 2008), on y mentionne une augmentation de l'intégration scolaire en classe régulière des élèves en difficulté, soit de 61.3% à 64.8% entre 2002-2003 et 2005-2006. Pour les enseignants, qu'ils soient ouverts, en accord ou en désaccord avec cette intégration, ils doivent apprendre à concilier leur enseignement pour des élèves dits forts, des élèves réguliers et des élèves en difficulté. Le plan d'action en matière d'adaptation scolaire mentionne que le personnel enseignant est le premier visé en ce qui a trait à l'adaptation des services offerts aux élèves selon leurs difficultés (MEQ, 1999). Cependant, de nombreux enseignants, pour de multiples raisons, ne se sentent pas outillés ou suffisamment formés pour travailler simultanément avec une diversité aussi importante d'élèves (Bergeron et St-Vincent, 2011).

Dans une classe, parmi les élèves présentant un trouble d'apprentissage spécifique, les interventions possibles et recommandées par les professionnels sont variées et parfois nombreuses (*ibid.*). Le trouble déficitaire de l'attention, la dyslexie et la dysorthographie, même s'ils ne sont pas des troubles d'apprentissage spécifiques aux mathématiques, peuvent, malgré tout, engendrer des difficultés en mathématiques. De plus, parmi les élèves en difficulté ou en trouble d'apprentissage qui sont intégrés dans les classes régulières, des études ont permis d'identifier qu'entre 3% et 10% de ces élèves présenteraient un trouble d'apprentissage spécifique aux mathématiques (Desoete, 2004; Shalev, 2005). Les enseignants de cette matière se retrouvent donc avec une hétérogénéité importante d'élèves dans leurs groupes.

Dans cette perspective d'inclusion scolaire, le modèle théorique nommé réponse à l'intervention (RAI), issu de la recherche en éducation réalisée aux États-Unis, est un modèle d'intervention et d'organisation de services qui peut être utilisé à titre préventif et pour intervenir efficacement auprès des élèves en difficulté. Plusieurs provinces canadiennes utilisent ce modèle dont le Québec qui l'utilise de plus en plus et ce, autant sur le plan du comportement que de l'apprentissage afin de cibler les besoins et de soutenir ses enseignants.

Selon le modèle RAI, toute activité éducative ou enseignante devrait viser 100 % des élèves en contextes éducatifs. Par contre, nous savons très bien que nos pratiques ne sont généralement profitables qu'à environ 80 % des élèves sans difficulté particulière et sont insuffisantes pour aider les 20 % restants des élèves en difficulté (Whitten, Esteves et Woodrow, 2012). C'est pour ce 20 % d'élèves à risque que les trois niveaux d'intervention du modèle RAI ont été pensés et étudiés. Le modèle d'intervention à trois niveaux permet d'envisager des interventions de plus en plus intensives pour répondre aux besoins de tous les élèves. Il s'agit également d'un modèle qui favorise l'organisation des services à l'élève et la réussite de tous (MELS, 2011b).

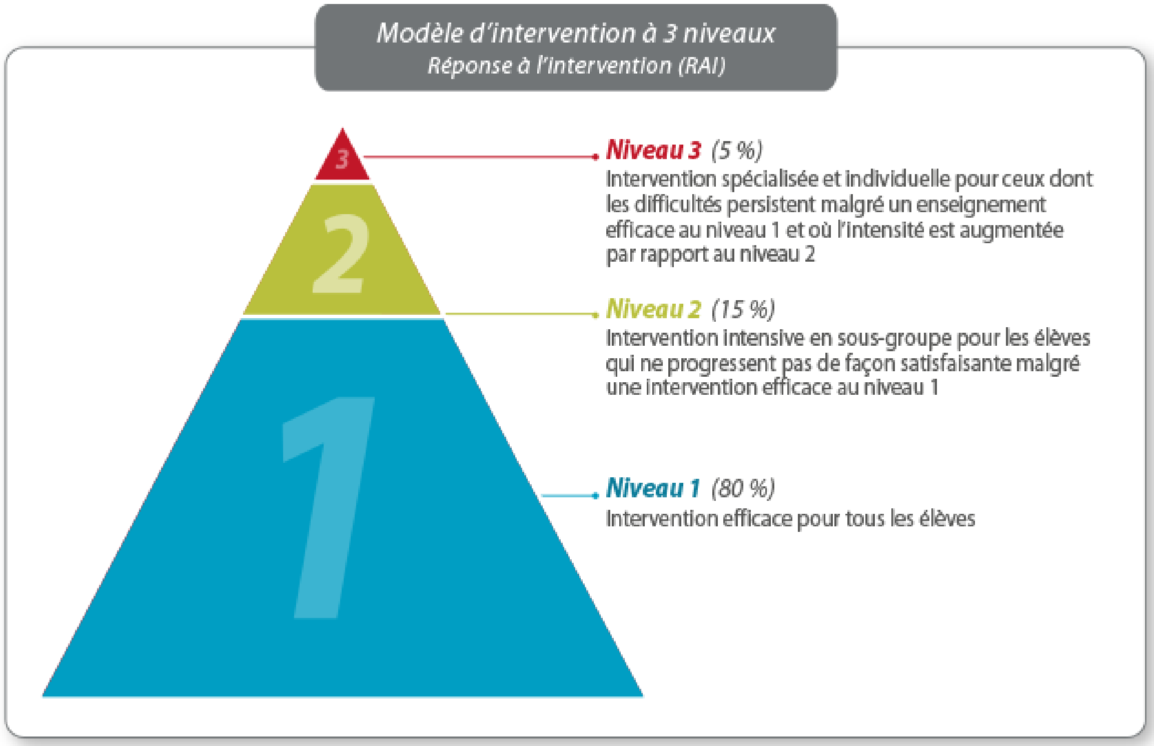


Figure 1 - Modèle d'intervention à trois niveaux – Réponse à l'intervention (RAI) (Whitten, Esteves et Woodrow, 2012)

Qui plus est, d'un point de vue social, plusieurs facteurs peuvent contribuer à l'échec scolaire. Le milieu socioéconomique de l'élève, le niveau de scolarité des parents de même que la génétique familiale peuvent aussi avoir une influence sur la réussite de l'élève et ce, pour l'ensemble des matières scolaires (Fortin, Royer, Potvin, Marcotte et Yergeau, 2004).

1.1.1 Les facteurs sociaux influençant les difficultés scolaires

Les recherches de Fortin (2012) et Janosz (2000) ont permis d'identifier et de décrire plusieurs facteurs de risque qui poussent les élèves à quitter les bancs de l'école. Le milieu socioéconomique, les relations négatives entre l'adolescent et ses parents, la dépression et les difficultés familiales sont des facteurs de risque qui peuvent engendrer des difficultés scolaires (Fortin, Marcotte, Diallo, Potvin et Royer, 2012). À ces difficultés scolaires et familiales personnelles de l'élève s'ajoute aussi une difficulté sociale et collective : la défavorisation du milieu. Par exemple, pour la commission scolaire des Samares, qui compte onze écoles secondaires, six d'entre elles ont un indice de défavorisation de dix, comme c'est le cas d'ailleurs pour l'école secondaire de l'Érablière (MELS, 2012). De plus, la scolarisation des parents, plus précisément de la mère, est aussi un facteur influençant sur la réussite. À l'échelle nationale, si on tient seulement compte de la scolarisation de la mère, en 2006, 5,5% des mères avaient une scolarité inférieure au secondaire contre 6,8% en 2012 (Institut de la statistique, 2013).

Les recherches prouvent donc que divers facteurs sociaux ont une incidence directe sur la réussite des études secondaires. On ne peut donc pas faire abstraction de cette dimension sociale dans la réussite scolaire. D'ailleurs, en 2009-2010, le taux de décrochage scolaire pour cette commission scolaire était de 30,3%, soit 40,9% pour les garçons et 20,3% pour les filles (MELS, 2011c). Les difficultés d'apprentissage en mathématiques peuvent avoir une influence directe sur le décrochage scolaire, puisque la réussite des mathématiques de quatrième secondaire est nécessaire à l'obtention du diplôme d'études secondaires.

1.2 Les difficultés d'apprentissage en mathématiques

Afin de soutenir les enseignants dans cette intégration, des documents ministériels, des programmes d'études, des projets éducatifs d'écoles, des politiques relatives à l'embauche de professionnels et des pratiques d'enseignement et d'apprentissage en mathématiques ont été mis de l'avant dans les écoles pour tenter de concilier l'enseignement des mathématiques et les élèves en difficulté d'apprentissage (Lemoyne et Lessard, 2003). Cependant, la persistance des difficultés d'apprentissage en mathématiques de plusieurs élèves et les mesures à favoriser pour remédier à cette situation est une question sensible (*ibid.*). Les difficultés en mathématiques sont préoccupantes pour les enseignants et les intervenants du milieu de l'éducation. En effet, elles méritent qu'on se questionne puisque tel que mentionné précédemment, elles sont en lien direct avec l'obtention du diplôme d'études secondaires, étant donné que les mathématiques de quatrième secondaire doivent être réussies pour décrocher le diplôme. C'est pourquoi les conséquences, individuelles ou sociales, liées à des échecs successifs en mathématiques ne sont pas négligeables.

Les facteurs pouvant influencer les difficultés en mathématiques sont nombreux. D'un point de vue cognitif, la construction des savoirs mathématiques, le fonctionnement du système didactique, les programmes d'études, le matériel didactique, les situations et les contextes d'enseignement et d'apprentissage jouent tous un rôle dans la compréhension des élèves (*ibid.*).

1.2.1 Les facteurs cognitifs influençant les difficultés en mathématiques

Pour parvenir à réussir en mathématiques, l'élève doit mettre à profit divers concepts acquis en classe, afin de développer ses compétences mathématiques. Il s'agit là du développement de la pensée mathématique. Dans le cadre de cette étude, nous considérons que les termes *concept* mathématique et *notion* mathématique font référence à l'objet d'enseignement tel que stipulé dans la progression des apprentissages du Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). L'apprentissage de concepts mathématiques et la maîtrise de ceux-ci permettent à l'élève de développer les trois compétences du programme en mathématiques (MELS, 2006).

Selon Breen et O'Shea (2010), la pensée mathématique se définit comme le développement des compétences mathématiques liées à la compréhension conceptuelle, à la capacité d'abstraction, à la maîtrise de la procédure, à la formulation et à la résolution de résolutions de problèmes, au raisonnement logique, à la réflexion ainsi qu'à la justification. D'après les recherches sur l'apprentissage de ces éléments, Jordan (2010) a ciblé des prédicteurs de réussite et de difficultés en mathématiques tels que le sens du nombre, le dénombrement et la capacité d'association pour ne nommer que ceux-ci. Selon elles, les fondements de la réussite en mathématiques s'établissent en bas âge et la plupart des élèves qui éprouvent des difficultés dans cette discipline présentent une faiblesse sur le plan de l'abstraction.

Les stratégies cognitives et métacognitives étant souvent sollicitées dans les apprentissages des élèves, entre autres pour les résolutions de problèmes, peuvent aussi apporter leur lot de difficultés quant à la réussite des mathématiques. Il est donc pertinent d'analyser comment les élèves en difficulté utilisent de telles stratégies, de telles méthodes de travail (Bosson, Hessels & Hessels Schlatter, 2009). Souvent, comme ils connaissent une difficulté quant à l'organisation et la mémorisation, des stratégies cognitives et métacognitives efficaces permettent d'améliorer la compréhension des mathématiques. En ce sens, lorsqu'ils ont des stratégies cognitives et métacognitives efficaces, ils sont davantage habiletés à catégoriser leurs apprentissages ou à se construire des séquences qu'ils peuvent réutiliser dans d'autres contextes. Ainsi, il va sans dire qu'un élève ayant des difficultés sur le plan cognitif, soit avec la mémoire, le jugement, la compréhension ou le raisonnement, qui est intégré au secteur régulier, risque d'avoir des difficultés en mathématiques également. Les facteurs cognitifs influent sur la réussite des mathématiques pour l'ensemble des domaines traités et sur le transfert des apprentissages.

Parmi les difficultés en mathématiques, la géométrie semble apporter son lot d'obstacles chez les élèves, entre autres, dû à l'abstraction comme le mentionnait Jordan (2010). Il s'agit d'un domaine des mathématiques qui demande aux élèves du deuxième cycle du secondaire de maîtriser plusieurs particularités quant aux termes, aux formes et aux transformations géométriques, de même que pour les représentations en première, deuxième et troisième dimension (MELS, 2006). Par conséquent, certains élèves auront des difficultés avec les concepts liés à la géométrie (formes, dimensions, etc.), alors que d'autres auront des difficultés précises selon la nature de l'activité (visualisation, raisonnement spatial, etc.). Il va sans dire que la place tenue par la géométrie dans la discipline des mathématiques, de même que dans la société actuelle, fait en sorte qu'il devient important de s'interroger sur l'enseignement de ce domaine d'études compte tenu des difficultés persistantes observées et de son enseignement auprès des élèves en difficulté.

1.3 L'apprentissage de la géométrie selon le MELS (2006; 2011a)

Selon le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ, 2006) dans le domaine de la géométrie, les élèves du premier cycle du secondaire sont appelés à se construire et s'approprier des concepts tels que les figures planes, le cercle, les mesures, le périmètre, l'aire, l'aire latérale, l'aire totale et les angles complémentaires et supplémentaires. Les constructions géométriques, la recherche de mesures manquantes et certaines transformations géométriques, comme la translation, la rotation, la réflexion et l'homothétie de rapport positif, sont aussi des concepts qui y sont abordés et que les élèves doivent développer. Pour développer le sens spatial au premier cycle du secondaire, l'élève peut notamment représenter un solide à main levée, l'identifier par son développement ou par sa représentation dans un plan (MELS, 2006).

Au deuxième cycle du secondaire en géométrie, toujours selon le programme, l'élève est amené à approfondir les concepts et les notions appris précédemment dans son parcours scolaire. À titre d'exemple, les concepts de figures planes, de solides, de figures isométriques et semblables et de mesure manquante sont réinvestis, mais on y voit aussi l'ajout de nouveaux concepts comme la relation de Pythagore. Les concepts liés au sens spatial enseignés en troisième secondaire, qui permettent de développer les habiletés spatiales sont, entre autres, le développement des solides, la projection et les perspectives de solides, le volume, l'interprétation des plans, des figures bidimensionnelles et tridimensionnelles, les unités de mesure pour les volumes, les relations entre les unités de mesure et les mesures de capacité (MELS, 2006). L'apprentissage de ces concepts contribue, selon le MELS, au développement des habiletés de visualisation, de manipulation et de représentation de différents objets qui favorisent le développement du sens spatial en géométrie chez les élèves.

La géométrie occupe donc une place importante dans les programmes scolaires, mais le développement du sens spatial semble être souhaité particulièrement en troisième secondaire. Malgré le fait que le MELS, par le biais du programme de formation et de la progression des apprentissages, cible des concepts et des processus à acquérir par les élèves, certains d'entre eux ne parviennent pas à atteindre les connaissances nécessaires à une bonne compréhension de la géométrie (MELS, 2006; 2011a).

1.3.1 Les difficultés rencontrées dans l'apprentissage de la géométrie

Les difficultés rencontrées par les élèves de 3^{e} secondaire, plus précisément en géométrie, nous amènent à nous questionner sur différents aspects de l'apprentissage de ce champ d'étude. La compréhension de la géométrie amène son lot de difficultés puisqu'elle met en lien le concept mathématique abordé ainsi que l'espace conceptualisé par le dessin ou la forme géométrique représentés. Or, pour parvenir à valider une réponse, l'élève doit aller au-delà du calcul mathématique et appliquer un raisonnement qui lui permettra d'établir le lien entre le sujet mathématique, le problème proposé et l'espace. Par exemple, si on demande à l'élève de réaliser le développement d'un cône à l'échelle, il doit comprendre les données inscrites et leur signification (ex. : rayon, diamètre, apothème et hauteur), appliquer les calculs et concevoir le développement du cercle et de l'arc afin d'obtenir une réponse complète. Ainsi, les spécificités de la géométrie semblent engendrer des difficultés particulières autres que celles connues dans les divers domaines des mathématiques scolaires. Dans ce qui suit, nous examinons quelques-unes de ces difficultés.

Tout d'abord, selon Perray (2012), les spécificités du langage géométrique amènent leur lot de difficultés en géométrie chez les élèves. Dans son mémoire, elle évoque que le vocabulaire spécifique à la géométrie n'est pas familier aux élèves, qu'ils doivent en faire l'apprentissage pour assurer leur compréhension. Pour eux, ces nouveaux mots n'ont parfois aucune existence sociale dans leur quotidien. Par exemple, le terme apex est propre à la géométrie et les élèves n'ont souvent aucune référence pour le comparer ou l'assimiler. De plus, Perray (*id.*) amène aussi l'idée que certains termes de la géométrie engendrent des difficultés puisqu'ils sont polysémiques. Par exemple, le mot arête peut faire référence aux poissons ou aux côtés d'un solide. Ainsi, en entendant ou en lisant un mot, l'élève l'associera le plus souvent à son usage courant et pas nécessairement aux concepts géométriques.

Autre que le langage mathématique, Berthelot et Salin (2000) ont identifié des difficultés en lien avec les opérations mentales qui sont sollicitées en géométrie. Pour eux, la géométrie demande à l'élève une flexibilité intellectuelle afin de passer du concret à l'abstrait en faisant intervenir ses savoirs géométriques. Lorsque l'élève doit quitter l'objet physique ou qu'il n'a pas la possibilité de le manipuler, il doit faire appel à la visualisation et au transfert pour émettre une réponse. La représentation visuo-spatiale de l'objet est donc complexe puisque l'élève doit transposer son image mentale en la vulgarisant ou en la dessinant. Il doit donc être capable de mettre en relation la maîtrise de l'espace et le problème qu'il a à résoudre. Ainsi, dans les difficultés spécifiques qui sont souvent observées en géométrie, celles reliées à l'aspect visuo-spatial semblent être les plus importantes à surmonter pour assurer une bonne compréhension de ce domaine d'étude; compréhension nécessaire, rappelons-le, aux élèves pour comprendre le monde environnant (Berthelot et Brousseau, 1992). Cet aspect sera examiné dans la section suivante.

1.3.2 L'importance de l'aspect visuo-spatial

Certains auteurs ne s'entendent pas quant aux termes à utiliser pour aborder l'aspect visuo-spatial. Dans le Curriculum and Evaluation Standards for School mathematics publié en 1989 par le National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) par exemple, on parle de géométrie et de sens spatial, alors que dans sa thèse, Belkhodja (2007) parle plutôt de visualisation spatiale. Toutefois, les auteurs s'entendent pour dire que les capacités visuo-spatiales de l'apprenant ont une influence certaine sur l'apprentissage de la géométrie. Par exemple, la visualisation spatiale est fondamentale dans la compréhension des relations géométriques, dans la formulation de conjectures ou d'arguments, dans l'interprétation d'un plan ou encore dans la construction d'objet tridimensionnel (NCTM, 2000).

En 1998, Wessels et Van Niekerk ont amené quelques précisions quant à la visualisation spatiale. Pour eux, cette dernière s'acquiert par quatre capacités distinctes, soit les capacités visuelles, verbales, tactiles et intellectuelles. Ils en concluent que les habiletés visuo-spatiales se développent au fil des âges et qu'elles doivent être travaillées de façon continue afin de permettre leur intégration chez l'élève.

Tout comme l'ont mentionné Wessels et Van Niekerk (1998), les documents du NCTM recommandent d'accorder davantage de place aux activités et aux occasions permettant aux élèves de visualiser afin de favoriser une utilisation efficiente de leurs capacités visuo-spatiales. Ils mentionnent aussi l'importance de l'aspect visuo-spatial dans le développement de la pensée géométrique. La visualisation spatiale est un élément fondamental dans la réussite de la géométrie chez les élèves et elle devrait être travaillée tout au long de la scolarité, puisqu'elle a un impact réel sur le vécu de toutes personnes. Dans la vie quotidienne, il est nécessaire pour quiconque d'être capable de communiquer sa position, de s'orienter, d'indiquer une direction à une personne ou d'imaginer les changements de position (Belkhodja, 2007). C'est pourquoi il est facile de concevoir que l'absence de capacités visuo-spatiales chez une personne peut être handicapante au déroulement d'une journée quotidienne.

Ainsi, si ces auteurs s'entendent pour dire que l'aspect visuo-spatial est important dans l'apprentissage de la géométrie, ils s'entendent aussi pour dire que la visualisation spatiale engendre certaines difficultés chez les élèves. Les capacités visuo-spatiales exigent de faire intervenir simultanément différents apprentissages quant à l'orientation, les dimensions, les relations entre les objets et leurs caractéristiques, afin d'assurer la compréhension de la géométrie. De plus, comme l'ont précisé Wessels et Van Niekerk (1998), le développement des habiletés visuo-spatiales comprend différents concepts qui doivent être mis en interaction, parfois de façon concrète, visuelle ou abstraite, afin que l'élève progresse dans sa compréhension de la géométrie.

En considérant l'ensemble des difficultés spécifiques liées à l'apprentissage de la géométrie, dans le cadre d'un enseignement auprès d'élèves en difficulté d'apprentissage, un questionnement est soulevé quant aux habiletés visuo-spatiales utilisées et aux difficultés rencontrées par ce type d'élèves. Bien que certaines recherches se sont intéressées aux difficultés rencontrées par les élèves lors de l'enseignement de la géométrie, de même qu'au sens spatial, aucune n'a porté directement sur les habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves en difficulté d'apprentissage. C'est pourquoi cette recherche portera sur l'exploration des habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques qui sont inscrits en troisième secondaire et ce, dans le but de trouver des pistes d'explications à ces difficultés, afin de mieux intervenir auprès de cette clientèle.

1.4 Question de recherche

En tenant compte des difficultés relevées chez les élèves en mathématiques et des écrits scientifiques de Wessels et Van Niekerk (1998), de Berthelot et Salin (2000), du NCTM (2000), de Belkhodja (2007) et de Perray (2012), un questionnement émerge quant à l'apprentissage du sens spatial chez les élèves, ainsi qu'au rôle de celui-ci dans la réussite des élèves en géométrie. L'analyse des difficultés recensées chez les élèves dans ce domaine, de même que l'observation des stratégies qu'ils utilisent pour accomplir une activité en géométrie, donne lieu à une réflexion à propos des habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves en difficulté en mathématiques.

Pour certains d'entre eux, leur parcours scolaire en mathématiques a été parsemé d'embûches, d'échecs et de difficultés persistantes en géométrie. Ils possèdent les facultés nécessaires à la compréhension de diverses notions, réussissent dans d'autres matières scolaires, mais visiblement, certains concepts géométriques figurant dans la progression des apprentissages leur donnent beaucoup de fil à retordre. Étant donné que la réussite des mathématiques de quatrième secondaire est nécessaire à l'obtention du diplôme d'études secondaires, il importe de comprendre les types d'habiletés visuo-spatiales utilisées, ainsi que les difficultés qui en découlent, afin d'envisager des pistes de solution pour soutenir la réussite de ces élèves en mathématiques. De plus, le sens spatial est au cœur de l'apprentissage de la géométrie, des programmes scolaires et de la société actuelle. Les habiletés visuo-spatiales sont fondamentales au quotidien pour s'orienter, visualiser, construire des plans, évaluer des distances, etc. Il est donc justifié de considérer les habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques inscrits en troisième secondaire, comme sujet d'étude.

À la lumière de la recension des difficultés en géométrie, cet essai visera à répondre à la question suivante : quelles sont les habiletés visuo-spatiales utilisées par des élèves en difficulté d'apprentissage au secondaire ? De cette question de recherche découlent deux objectifs spécifiques. D'abord, cette étude vise à explorer les principales habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves en difficulté. Puis, lorsque les habiletés visuo-spatiales seront identifiées, il sera possible d'analyser les difficultés rencontrées par les élèves dans l'apprentissage du sens spatial. En comprenant les limitations et les embûches vécues par les élèves en géométrie, nous serons en mesure de comprendre l'incidence de ces difficultés sur leur réussite en mathématiques. D'autre part, en appuyant la présente recherche sur le modèle théorique de Van Hiele, présenté au prochain chapitre, il sera possible de comparer les habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves participants aux quatre niveaux du développement de la pensée géométrique de Van Hiele. Cette comparaison permettra également d'identifier les principales difficultés visuo-spatiales des élèves, dans le but de cibler des pistes d'intervention efficaces dans une recherche future.

Dans le prochain chapitre, le cadre théorique sera établi à partir de recherches et de modèles théoriques qui permettront de comprendre et d'expliquer les composantes essentielles du développement du sens spatial chez les élèves. Ce cadre théorique justifiera aussi les fondements conceptuels de cette recherche, de manière à répondre à la question de recherche.

Chapitre 2

Cadre théorique

2.1 Les habiletés visuo-spatiales en géométrie

Selon différents dictionnaires consultés[1], les termes *habileté* et *capacité* ne semblent pas faciles à distinguer, car les définitions sont similaires, d'un dictionnaire à l'autre, pour ces deux termes. D'ailleurs, à la lecture de diverses recherches[2], bien que le terme *habileté* soit utilisé plus fréquemment, ces deux termes sont considérés comme étant des équivalents. C'est pourquoi, dans le cadre de cette recherche, les termes *habileté* et *capacité* sont considérés comme la qualité, la compétence d'une personne qui est capable de réussir ce qu'elle fait (Le Petit Robert 1, 2003).

2.1.1 Les capacités visuo-spatiales selon Wessels et Van Niekerk (1998)

De nos jours, un citoyen est appelé à utiliser des connaissances et des notions propres au domaine de la géométrie de façon quotidienne, dans ses déplacements ou son orientation, par exemple. En considérant l'importance de ce domaine des mathématiques, il est évident que certains chercheurs se sont penchés notamment sur le domaine de la géométrie, l'abstraction, la pensée mathématique ou géométrique. Toutefois, peu de recherches récentes abordent les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves de niveau

[1] Dictionnaire actuel de l'éducation (Legendre, 2005), Pédagogie : dictionnaire des concepts clés (Raynal et Rieunier, 2010) et Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation (Champy et Etévé, 2005).
[2] NCTM (2000), Belkhodja (2007) et Van de Walle et Lovin (2008).

secondaire et les difficultés qui y sont liées. En 1998, les recherches de Wessels et Van Niekerk ont permis d'identifier, selon eux, quatre capacités nécessaires à l'apprentissage du sens spatial chez l'élève :

- les capacités visuelles qui incluent les habiletés et les compétences à voir les objets de différentes façons et à comprendre leurs caractéristiques;
- les capacités verbales qui se définissent par l'habileté à discuter des différentes vues, à interpréter ce qui est observé et à maîtriser la compréhension de la terminologie;
- les capacités tactiles qui permettent de construire, de couper ou de bâtir un plan précis en respectant les modalités;
- les capacités intellectuelles qui représentent les habiletés mentales à se représenter une image et faire les liens entre ces quatre capacités qui permettent une meilleure visualisation mentale (Wessels et Van Niekerk, 1998).

L'ensemble de ces capacités, de même que les relations qu'elles ont les unes avec les autres, demande à l'élève d'aller au-delà de l'aspect concret des objets. Il doit pouvoir visualiser et abstraire en géométrie, c'est-à-dire, par exemple, se représenter mentalement un solide sans le voir, sans le manipuler ou encore, de pouvoir concevoir un plan. Ces capacités, que Wessels et Van Niekerk (1998) qualifient de visuelles, verbales, tactiles et intellectuelles, sont normalement acquises au deuxième cycle du secondaire selon le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) prescrit par le MELS en 2006. Le développement de telles habiletés visuo-spatiales est au cœur de l'apprentissage de la géométrie, autant dans les recherches que dans la progression des apprentissages du MELS (MELS, 2011a). Mais pourquoi certains élèves éprouvent-ils autant de difficultés à utiliser de façon efficace ces habiletés visuo-spatiales ?

2.2 Les difficultés et les conceptions des élèves liées au sens spatial

Parmi les stratégies d'apprentissage et les connaissances à acquérir, le domaine des mathématiques est une corde sensible due à la complexité de la construction des savoirs mathématiques (Lemoyne et Lessard, 2003). Bien que les différents domaines mathématiques aient chacun leurs particularités, la géométrie en est un qui occasionne du souci aux élèves, principalement parce qu'il met en relation l'espace physique (ex. : l'environnement) et l'espace abstrait (ex. : représentation mentale d'un espace) (Parzysz, 1991). Puis, dans le but d'effectuer le passage entre l'espace physique et l'espace abstrait, les élèves doivent faire intervenir deux types de connaissances, à savoir leurs connaissances géométriques, celles étant davantage liées au PFEQ (ex. : nommer des formes géométriques ou en faire la distinction), et leurs connaissances spatiales, celles qui permettent d'établir des relations dans l'espace (ex. : reconnaître, déplacer ou transformer des solides) (Berthelot et Salin, 1999-2000 ; Clements et Battista, 1992). Lors de ce passage entre l'espace physique et l'espace abstrait, ces deux types de connaissances forment un tout, puisqu'ils sont généralement mis à profit simultanément, afin de permettre le développement des habiletés visuo-spatiales (Berthelot et Salin, 1993-1994). Ainsi, l'apprentissage des notions en géométrie et le développement des habiletés visuo-spatiales sont complexes pour les élèves, étant donné qu'ils doivent mettre en relation diverses connaissances liées à l'aspect physique et à l'aspect abstrait des objets dans l'espace.

Puis, Parzysz (1989), par son explication du conflit voir/savoir vient aussi expliquer certaines difficultés rencontrées par les élèves quant au sens spatial. Selon lui, les élèves connaissent des difficultés, entre autres avec la visualisation spatiale, puisqu'ils perdent des informations lorsqu'ils représentent un objet en trois dimensions par un dessin en deux dimensions. Il leur arrive de soustraire des éléments qu'ils considèrent inutiles, alors que ce n'est pas le cas. Le conflit voir/savoir est également observé lorsqu'ils décodent un dessin, alors qu'ils regardent les propriétés comme étant les propriétés de l'objet réel. Cependant, selon la projection, il est possible que la mesure de l'angle dessiné ne soit pas la mesure de l'angle réel de l'objet (Parzysz, 1989). Les élèves éprouvent donc de la difficulté à faire intervenir simultanément les habiletés de visualisation, de représentation et d'interprétation d'un objet tridimensionnel vers un objet bidimensionnel.

À ces difficultés viennent s'ajouter les difficultés de compréhension des termes utilisés en géométrie. En effet, Perray (2012) souligne que parfois, l'élève n'émet pas la réponse ou la représentation géométrique espérée puisqu'il n'a simplement pas compris le vocabulaire utilisé dans la directive. Les difficultés rencontrées par les élèves ne sont donc pas toujours dues aux concepts mathématiques, mais parfois au langage utilisé en géométrie. En troisième secondaire, les élèves doivent s'approprier un nouveau vocabulaire qui n'est pas nécessairement facile à acquérir pour tous. Par exemple, les termes apex, hypoténuse, cathètes, perspective cavalière ou axonométrique sont parfois déstabilisants pour un élève. Il peut donc confondre les termes, soit par une mauvaise association de sa part ou une mauvaise compréhension, sans pour autant ne pas comprendre les notions qui s'y rattachent (Perray, 2012).

Par ailleurs, d'après Detheux-Jehin et Chenu (2000), certains élèves connaissent des difficultés avec le développement du sens spatial dû aux pratiques enseignantes. Selon eux, au premier cycle du secondaire, il est important de permettre aux élèves de manipuler davantage, de construire, d'expérimenter et de proposer divers dessins de figures géométriques dans des contextes variés. De plus, l'enseignant doit tenir compte de l'hétérogénéité du raisonnement visuo-spatial pour les élèves d'une même année scolaire. Si les élèves du premier cycle du secondaire manipulent davantage pour améliorer leurs habiletés visuo-spatiales, en troisième secondaire, ils auront des habiletés visuo-spatiales plus aidantes, qui contribueront à une meilleure compréhension du domaine de la géométrie et de leur environnement (Detheux-Jehin et Chenu, 2000).

Les difficultés des élèves quant à la compréhension du sens spatial ne sont donc pas récentes. Des chercheurs, tels que Piaget (1948) et Van Hiele (1959), se sont penchés sur le développement du sens spatial chez les élèves, ce dernier étant au cœur de la pensée géométrique (Marchand, 2006 ; Van de Walle et Lovin 2008). À travers ses études, Van Hiele a élaboré un modèle théorique visant à rendre compte de l'évolution de la pensée géométrique et le sens spatial, nous permettant de mieux comprendre la progression des apprentissages effectuée par les élèves en géométrie.

2.3 Modèle théorique de Van Hiele (1959)

Le modèle théorique élaboré par Van Hiele (1959) explique la progression des apprentissages liés à la pensée géométrique et au sens spatial selon cinq niveaux à travers lesquels l'élève connaît une évolution de sa compréhension de la géométrie. Il s'agit d'un modèle séquentiel selon lequel la consolidation des apprentissages d'un niveau précédent est nécessaire au niveau suivant (Marchand, 2006). À l'aide de ces cinq niveaux, il est possible d'identifier à quel stade se situe l'élève ainsi que ses difficultés, puisqu'à chacun des niveaux est associée l'acquisition d'habiletés géométriques. Il est donc possible de déterminer des interventions susceptibles d'aider l'élève selon les difficultés observées.

Les cinq niveaux de la pensée géométrique :

- Niveau 0 - Visualisation : Les objets de la pensée sont des figures et leur aspect visuel. Il s'agit de reconnaître et de nommer les figures en se basant sur leur apparence. (début primaire)
- Niveau 1 - Analyse : Les objets de la pensée sont des classes de figures plutôt que des figures prises séparément. Il est possible de réfléchir aux caractéristiques d'une figure ou d'une classe de figures, afin de faire progresser les élèves vers la généralisation. (primaire)

- <u>Niveau 2 - Déduction formelle</u> : Les objets de la pensée sont les propriétés des figures, ce qui amène les élèves à créer des relations et à porter des arguments sur les différentes structures, souvent de façon intuitive. (fin primaire, début secondaire)
- <u>Niveau 3 - Déduction</u> : Les objets de la pensée sont les relations entre les propriétés des objets. À ce stade, l'élève est capable d'abstraction, d'émettre des hypothèses et de raisonner pour se créer une structure axiomatique de façon logique. (secondaire)
- <u>Niveau 4 - Rigueur</u> : Les objets de la pensée sont des systèmes géométriques axiomatiques-déductifs. L'élève ne fait plus des déductions sur un même système géométrique, mais sur les relations entre tous les éléments des systèmes géométriques. (cégep)

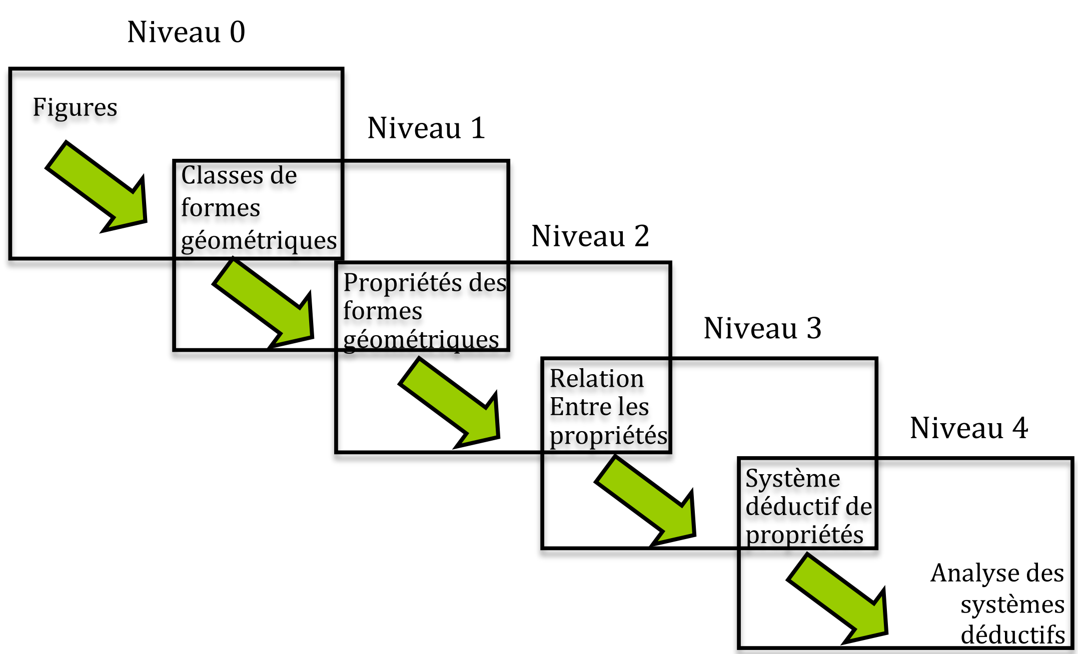


Figure 2 - Développement de la pensée géométrique selon Van Hiele

(Marchand, 2006)

Le modèle théorique de Van Hiele permet non seulement d'expliquer le développement de la pensée géométrique, mais aussi de cibler de façon individuelle où il est nécessaire d'intervenir auprès d'un élève (Marchand, 2009). Ainsi, à l'aide de ce modèle, il est possible de déterminer à quel niveau de compréhension l'élève connaît un blocage. Par conséquent, les activités élaborées selon ce même modèle théorique permettent d'identifier où l'élève connaît des difficultés et quelles sont les notions incomprises (Van de Walle et Lovin, 2008). Finalement, en posant des interventions orthopédagogiques ciblées selon les difficultés de l'élève, ce dernier pourra améliorer sa compréhension des mathématiques, connaître des réussites dans ce domaine, et plus spécifiquement en géométrie (Crouail, 2008 ; Van de Walle et Lovin, 2008 ; Nieuwenhoven et De Vriendt, 2010).

2.4 Synthèse

Le nombre d'élèves présentant des difficultés d'apprentissage étant en augmentation dans les classes régulières au secondaire, il importe de réfléchir sur les difficultés qu'ils rencontrent et les moyens à mettre en place pour les soutenir dans leur réussite éducative. Aussi, la géométrie étant l'un des domaines des mathématiques, il est important de s'y intéresser puisqu'elle influence sur la réussite des cours de mathématiques ainsi que sur l'obtention du diplôme d'études secondaires. Enfin, compte tenu de l'omniprésence des notions qui se rattachent à la géométrie dans la société d'aujourd'hui, l'enseignement obligatoire du sens spatial apparaît fondamental, car il est au cœur du développement des habiletés visuo-spatiales. Voilà pourquoi il est nécessaire de se questionner sur les habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques en troisième secondaire.

Pour explorer les habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques en troisième secondaire, le chapitre qui suit exposera la méthodologie choisie. Plus précisément, il sera question de la population à l'étude, du déroulement et de la cueillette de données, du questionnaire de l'expérimentation et de la méthode d'analyse utilisée.

Chapitre 3

Cadre méthodologique

Les aspects méthodologiques concernant le type de recherche et la méthode utilisée pour recueillir les données sont décrits en introduction de ce chapitre. Ensuite, l'outil d'analyse, soit le questionnaire élaboré selon les quatre premiers niveaux de pensée de Van Hiele, est présenté. Pour terminer, la démarche préconisée pour analyser les données recueillies est décrite en fin de chapitre. Il s'agit d'une démarche qui se prête particulièrement bien à l'analyse de données portant sur des objets de recherche à caractère exploratoire.

3.1 Population à l'étude

En recherche, l'étude de cas peut comporter une période d'observation et d'entrevue d'un objet d'étude, en vue de proposer des solutions ou de dégager certains principes (Chamberland, Lavoie et Marquis, 2003). Dans le cadre de cette recherche, les cas étudiés étaient des élèves inscrits en mathématiques de troisième secondaire. Les données recueillies par ces études de cas étaient destinées à une analyse des habiletés visuo-spatiales utilisées et des difficultés rencontrées par ces élèves. En ce sens, afin de répondre à la question de recherche, l'étude de cas était la méthodologie à préconiser, puisqu'elle permettait de faire l'observation des comportements en temps réel, en plus d'obtenir la perception des élèves face à diverses activités mathématiques. Dix élèves de l'école secondaire de l'Érablière, en difficulté d'apprentissage en mathématiques en troisième secondaire, ont été sélectionnés selon l'un des critères suivants :

- élève ayant connu des échecs successifs en mathématiques dans son cheminement scolaire (critère prédominant);
- élève bénéficiant d'un suivi en orthopédagogie depuis au moins deux ans pour des difficultés persistantes en mathématiques;
- élève étant actuellement en échec en mathématiques pour l'année scolaire en cours.

Au départ, la direction de l'établissement a procédé à une présélection des élèves susceptibles de répondre aux critères de sélection de cette étude à l'aide du logiciel *Lumix*. Ce dernier a permis de dresser la liste des élèves qui reprenaient pour une deuxième ou une troisième fois leurs mathématiques de troisième secondaire. À partir de cette liste, 12 élèves ayant connu des échecs successifs en mathématiques dans leur parcours scolaire ont été identifiés. Lors de l'analyse des dossiers scolaires en juin 2014, deux élèves ont été retranchés, puisqu'une déficience intellectuelle légère ou un trouble relevant de la psychopathologie leur avait été diagnostiqué par le passé. Ainsi, bien que des difficultés d'apprentissage en mathématiques pouvaient être observées, entre autres par les échecs successifs de ces deux élèves dans cette matière, ils ont été retirés de la sélection, car les diagnostics posés étaient susceptibles d'influencer les habiletés visuo-spatiales utilisées chez ces élèves.

Pour les dix élèves sélectionnés, les données concernant leur cheminement scolaire en mathématiques (échecs, reprises, cours d'été, etc.), leurs résultats scolaires en mathématiques, leur parcours scolaire (secteur régulier, adaptation scolaire, écoles spécialisées, etc.), les services dont ils bénéficiaient, de même que les évaluations professionnelles au dossier scolaire de ces élèves ont été recueillies. Il est à noter que, dans le cadre de cette recherche, les cinq dernières années scolaires furent considérées. Cette démarche, quant à la sélection de la population à l'étude, a permis d'obtenir un portrait complet des élèves.

Ces dix études de cas ne constituent pas un échantillon suffisant pour pouvoir généraliser la portée de cette recherche. Par contre, étant donné qu'elles visent à saisir les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques en troisième secondaire ainsi que les difficultés rencontrées par ceux-ci, le caractère exploratoire de ces études de cas permet d'atteindre les objectifs de cette recherche.

3.2 Déroulement et cueillette de données

À la suite de la sélection des élèves, une première rencontre a eu lieu afin de créer un lien avec l'élève, de se présenter et d'expliquer globalement cette étude. Si l'élève était intéressé à participer à cette recherche, la lettre d'information était lue et expliquée à l'élève. Celui-ci devait apporter cette lettre d'information à la maison, ainsi que le formulaire de consentement, afin d'en discuter avec ses parents (voir Appendices A et B).

Les moments où la chercheuse était dans l'établissement scolaire furent mentionnés à l'élève et les parents pouvaient communiquer avec celle-ci par le biais de l'établissement. De plus, Les parents pouvaient communiquer avec la chercheuse pour toutes questions relatives à la participation de leur enfant. Lorsque l'élève rapportait le formulaire signé, cette dernière ciblait une date pour la rencontre individuelle.

La cueillette de données s'est poursuivie à l'aide d'entrevues individuelles semi-dirigées qui comprenaient deux volets. Le premier permettait d'obtenir la perception des élèves quant à leurs difficultés, mais aussi, de corroborer les informations prises au dossier d'aide de manière à tracer un portrait complet des élèves. Le deuxième volet visait à explorer les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves à travers un questionnaire présenté à la section 3.3 du présent essai. Ces entrevues, d'une durée d'environ 60 minutes, se sont déroulées à l'école des élèves concernés, lors d'une période d'encadrement déjà octroyée à leur horaire, en fin d'année scolaire. Ils n'ont donc pas manqué de temps scolaire, de matière ou d'évaluation pour participer à cette étude. Au début de ces entrevues, les cinq questions suivantes furent adressées à l'élève par la chercheuse (voir Appendice C).

1. Quel a été ton cheminement scolaire en mathématiques au cours de tes études secondaires ? (reprise, échecs, cours d'été, etc.)
2. Qu'est-ce que tu trouves le plus difficile en mathématiques ?
    - Te considères-tu fort, moyen ou faible en mathématiques?

- As-tu l'impression de donner un effort suffisant, de t'investir en mathématiques ?
- Est-ce que les mathématiques sont ta seule activité où tu connais des difficultés ?

3. Quels ont été tes résultats scolaires en mathématiques ?
4. Durant ton parcours scolaire, as-tu bénéficié d'un soutien particulier : psychologue, suivi orthopédagogique, éducateur spécialisé, orthophonie, cours privés, etc. afin de t'aider dans tes études ?
5. As-tu déjà été évalué par un professionnel pour tes difficultés scolaires ? Si oui, qu'en est-il ressorti ?

Par la suite, 12 activités furent créées, selon le modèle théorique de Van Hiele expliquant le développement de la pensée géométrique et le sens spatial, afin de mieux saisir les habiletés visuo-spatiales des élèves (Van de Walle et Lovin, 2008). Lors de la passation, un maximum de cinq minutes par activité fut alloué aux élèves. Pendant les entrevues semi-dirigées, l'élève faisait mention de ses conduites et de ses stratégies de façon orale, alors que la chercheuse prenait note de ces informations sur le formulaire de l'élève (Appendice C), avant de les consigner dans les tableaux synthèses.

3.3 Présentation du questionnaire de l'expérimentation

L'ensemble des activités présentées est inspiré de l'évaluation complète et normative KeyMath™ 3, édition canadienne de Pearson Canada Assessment Inc

(Connolly, 2008). En fait, 12 des 35 activités du sous-test *Géométrie* ont été reprises et adaptées afin de permettre l'observation des habiletés visuo-spatiales chez les élèves en difficulté en mathématiques en troisième secondaire.

Les activités suivantes sont organisées d'après les quatre premiers niveaux du modèle théorique de Van Hiele. Ainsi, elles ont été créées et graduées selon l'évolution attendue de la compréhension du sens spatial, telle qu'inscrite dans la progression des apprentissages du MELS (2009, 2011a).

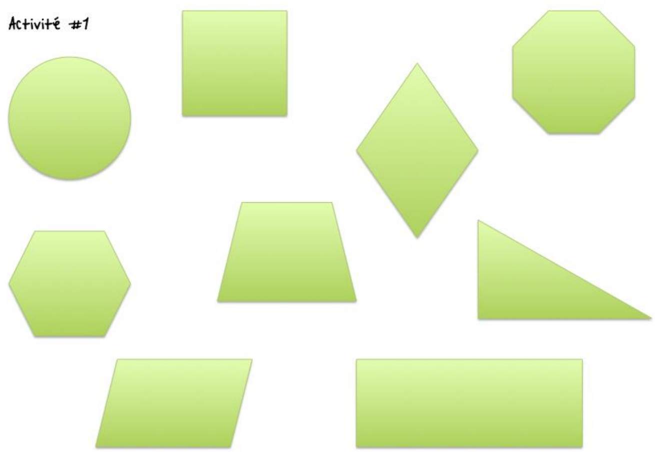
3.3.1 Activités sur les habiletés visuo-spatiales

Tel que mentionné précédemment à l'intérieur du cadre théorique, le modèle théorique de Van Hiele est élaboré selon cinq niveaux de pensée. Dans le cadre de cette étude, seulement les quatre premiers niveaux furent considérés étant donné le niveau de scolarité des participants. Pour chacun de ces quatre niveaux, trois activités ont été sélectionnées selon la progression des habiletés visuo-spatiales normalement acquises, pour un total de 12 activités (Appendice D).

En premier lieu, les activités 1, 2 et 3 font référence au stade de la visualisation. Pour l'élève, il s'agit de pouvoir reconnaître et nommer les formes géométriques selon leur apparence. Les trois activités suivantes demandent à l'élève de faire des distinctions géométriques ou simplement d'identifier une forme selon l'aspect visuel de celles qu'il observe.

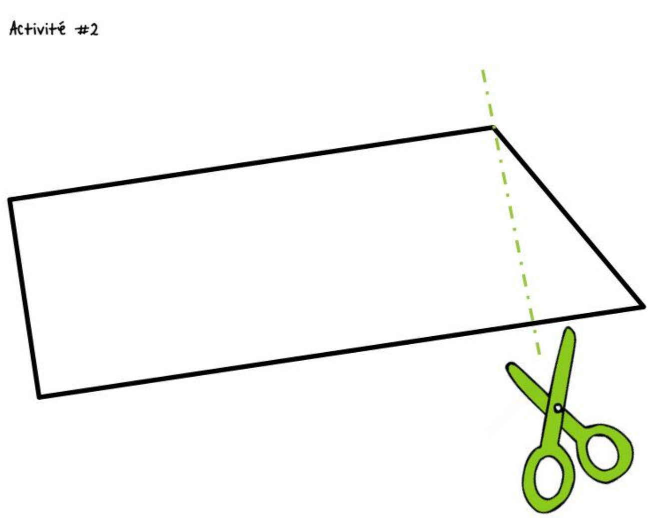
Activité #1

- Montre-moi du doigt la forme qui correspond à un trapèze.
- Montre-moi du doigt l'octogone.



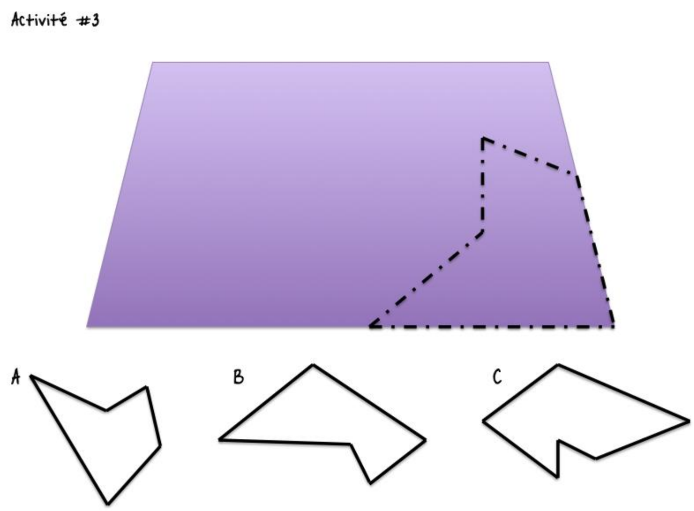
Activité #2

- Après avoir coupé cette figure le long de la ligne verte pointillée, quelles sont les deux figures qu'on obtiendra ?



Activité #3

- Si la partie pointillée de cette figure est découpée, nomme-moi la lettre du morceau qui permettrait de remplir cette section.



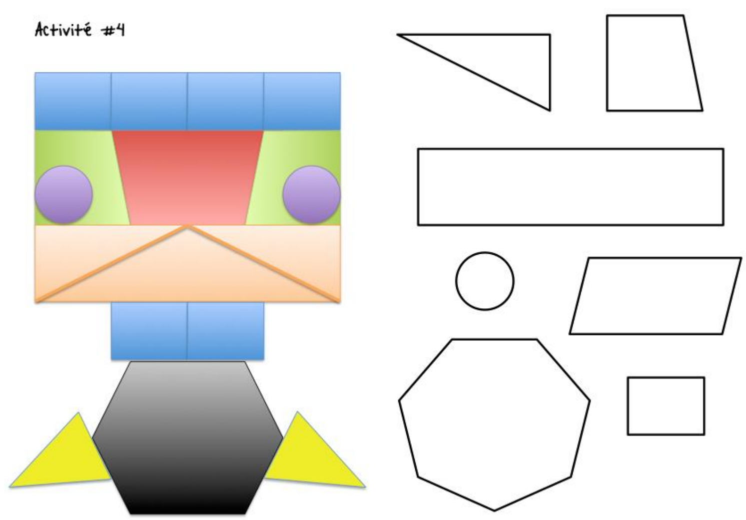
Réponses attendues :
#1 : Que l'élève identifie le trapèze et l'octogone parmi les figures.
#2 : Triangle et rectangle
#3 : A

Les trois activités ci-dessus permettent de vérifier les capacités visuelles, le langage mathématique ainsi que la compréhension de l'élève quant aux formes géométriques. Avec la visualisation, il est possible d'observer si l'élève utilise l'imagerie mentale, s'il connaît les noms des formes géométriques, s'il est capable de répondre sans avoir à manipuler, s'il est capable de distinguer des formes géométriques à l'aide de leurs segments, leurs angles et leur nombre de côtés respectifs.

Par la suite, les activités 4, 5 et 6 font référence au stade de l'analyse. Pour l'élève, il s'agit de pouvoir discerner les différentes classes de figures, de comprendre et de pouvoir généraliser les caractéristiques propres à chacune. Les trois activités suivantes demandent donc à l'élève de différencier des formes en les comparant à d'autres, de pouvoir analyser des formes parmi un ensemble et d'être capable de justifier un choix en se basant sur les caractéristiques des formes.

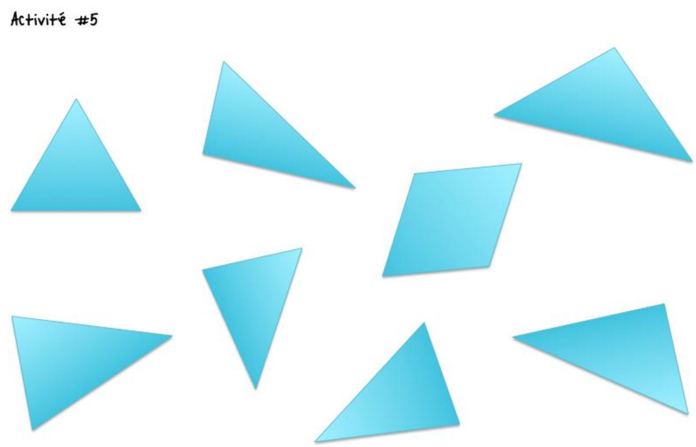
Activité #4

- Quelles sont les formes géométriques qui se retrouvent dans cette image en couleur ? (Au besoin, spécifiez à l'élève que chacune des lignes délimite une forme.)



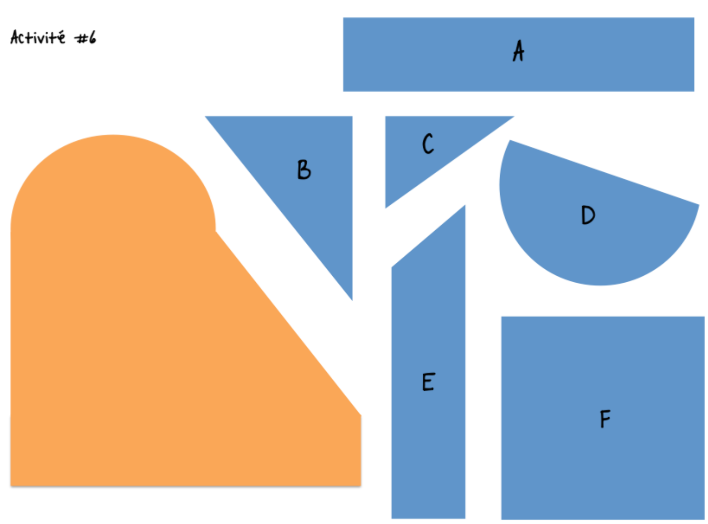
Activité #5

- Montre-moi du doigt la figure qui ne va pas avec les autres figures de cette classe. Pourquoi celle-ci ?



Activité #6

- Quelles sont les quatre figures bleues qu'on doit assembler pour couvrir exactement la figure orange ?



Réponses attendues :
#4 : triangle (orange), trapèze (vert), cercle (mauve) et petit rectangle (bleu)
#5 : Le parallélogramme, parce qu'il a quatre côté. (Accepter le losange)
#6 : A-B-D-F

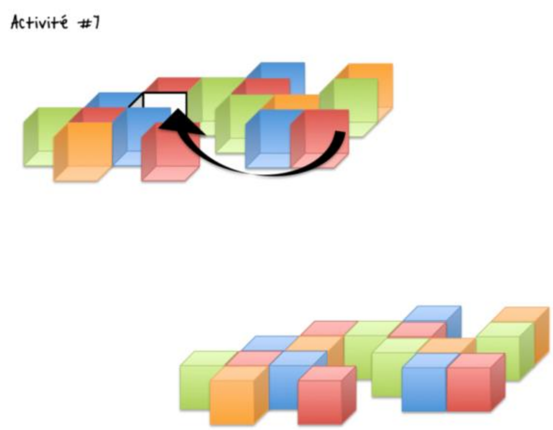
Grâce aux activités précédentes, il est possible de déterminer les habiletés visuo-spatiales utilisées de même que celles qui occasionnent des difficultés chez l'élève. Ce sont trois activités liées au niveau 1 du modèle théorique de Van Hiele, soit l'analyse. Elles permettent de vérifier si l'élève est capable de généraliser certaines caractéristiques géométriques, s'il est capable de différencier une forme géométrique d'une classe. Ces activités permettent aussi de vérifier si l'élève distingue les différentes formes géométriques d'une même classe.

Ensuite, les activités 7, 8 et 9 ont comme objectif d'évaluer la compréhension des élèves au stade de déduction formelle[3] selon Van Hiele. À ce troisième niveau, l'élève doit faire appel aux connaissances qu'il possède en lien avec les propriétés des formes géométriques. Il doit parvenir à faire des relations entre les figures et il doit être en mesure de justifier ses raisonnements avec des arguments fondés et justes. La déduction formelle exige que l'élève soit à même d'inférer une réponse à l'aide de la pensée géométrique.

[3] La déduction formelle étant le niveau 2 du développement de la pensée géométrique de Van Hiele.

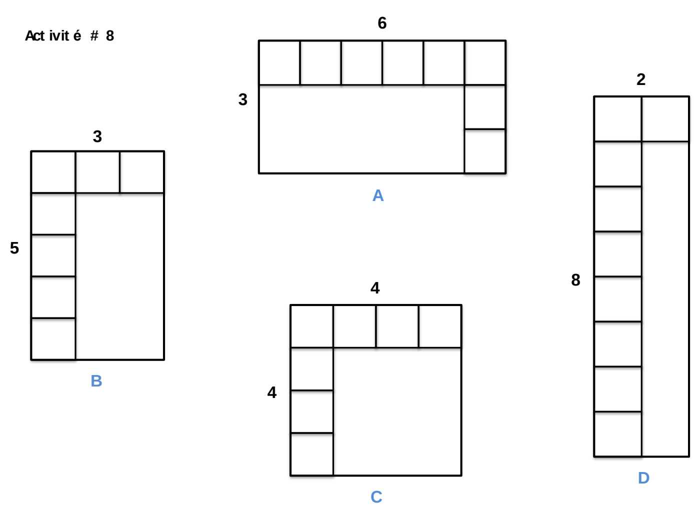
Activité #7

- Les cubes du haut ont été tournés la face vers le bas afin d'être empilés sur les cubes du bas. Cependant, l'image du cube blanc en haut n'est pas coloriée. Sachant que chacun des cubes doit conserver sa position pour être empilé parfaitement, de quelle couleur ce cube devrait-il être ?



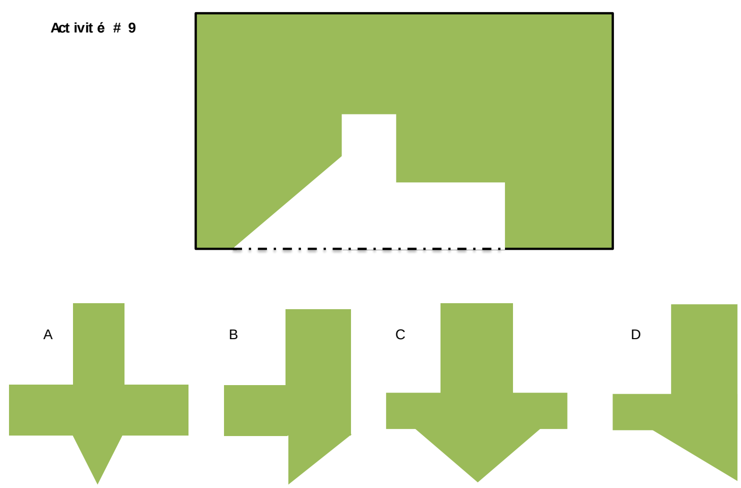
Activité #8

- Voici quatre figures : A, B, C et D. Quelle figure aura le plus de carrés rouges quand elle sera remplie complètement ?



Activité #9

- Ce papier vert a été plié en deux. Ensuite, on a découpé une forme à la pliure. À quoi ressemblera la forme lorsqu'on dépliera le papier ?



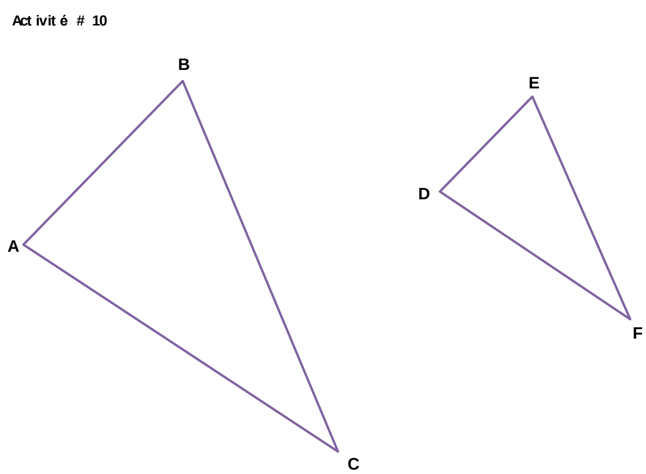
Réponses attendues :
#7 : Orange
#8 : A
#9 : C

Les trois activités conçues pour ce stade de Van Hiele donnent aussi l'occasion de vérifier si l'élève établit des relations entre les propriétés et les formes géométriques. Par exemple, est-il capable de distinguer la mesure, le périmètre et la surface d'une forme géométrique ? Dans ce cas-ci, par l'observation, l'élève réussit à démontrer et à suivre un raisonnement déductif à partir de ce qu'il observe dans les activités qui lui sont demandées.

Finalement, les activités 10, 11 et 12 sont liées au niveau 3 de Van Hiele, la déduction. À ce stade-ci, les activités demandent à l'élève de déduire par l'abstraction, en se représentant mentalement un solide ou un objet. Ce niveau de déduction étant normalement acquis au secondaire, les élèves doivent faire preuve de raisonnement, de logique. Ils ont habituellement la capacité d'émettre des hypothèses, de comparer, de distinguer des formes et des classes géométriques en établissant des relations entre les propriétés et ce, même s'ils ne peuvent les observer concrètement.

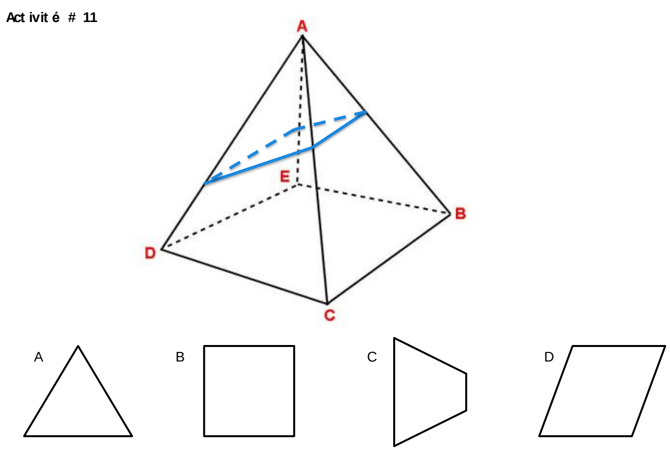
Activité #10

- Les triangles ABC et DEF sont des triangles semblables. Explique-moi comment montrerais-tu que ces deux triangles sont semblables ?



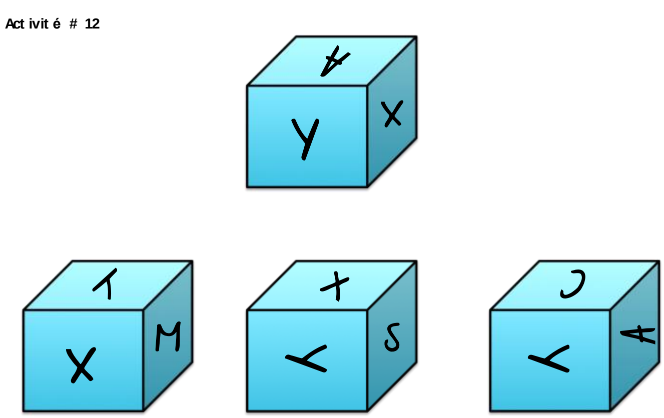
Activité #11

- Voici une pyramide à base carrée. La ligne bleue représente une coupe transversale de la pyramide quand elle est coupée selon un angle précis. Laquelle des figures ci-dessous représente la coupe transversale ?



Activité #12

- Le cube du haut a une lettre sur chacune de ses faces. Comme trois faces sont visibles, tu ne vois que trois lettres, mais comme un cube a six faces, il y a six lettres d’inscrites. Indique-moi du doigt l’image ci-dessous qui montre le même cube que celui d’en haut.



Réponses attendues :
#10 : Tous les angles correspondants sont égaux, tous les segments correspondants sont égaux, Le triangle DEF est obtenu par une homothétie avec le triangle ABC.
#11 : C
#12 : Le troisième cube en partant de la gauche.

Les trois dernières activités viennent clore le questionnaire administré aux élèves. Elles permettent de recenser les habiletés visuo-spatiales utilisées, l'abstraction, la généralisation et la déduction. L'élève doit normalement saisir les formes et les classes géométriques de même que les propriétés des formes et les distinctions entre elles. C'est d'ailleurs ce qu'exige les activités 10, 11 et 12 : comparer, distinguer, analyser, intérioriser. L'élève doit arriver à se construire une structure axiomatique par son raisonnement visuo-spatial afin d'assurer une pleine compréhension du sens spatial.

De manière à assurer la rigueur et la justesse de l'analyse des données recueillies à l'aide de ce questionnaire, des repères en lien avec l'apprentissage de la géométrie au secondaire et le développement du sens spatial furent établis.

3.4 Méthode d'analyse

Étant donné le devis sélectionné pour cette recherche qualitative, soit l'étude de cas, la méthode d'analyse de données utilisée est la catégorisation. En comparant les réponses obtenues par les élèves à celles attendues, on vise à déterminer si les difficultés sont davantage liées à la visualisation, au sens spatial ou au raisonnement. Par cette méthode d'analyse, nous désirons également décrire les difficultés rencontrées et identifier les types d'habiletés visuo-spatiales utilisés, afin d'établir une relation entre les incompréhensions des élèves et les stratégies utilisées. Par la suite, avec le modèle théorique de Van Hiele, il est possible de cibler les niveaux de développement des habiletés visuo-spatiales qui sont problématiques dans le but de cerner des interventions orthopédagogiques pertinentes pour mieux soutenir l'apprentissage ces élèves.

Dans le chapitre à venir, l'analyse et de l'interprétation des résultats recueillis dans le cadre de cet essai seront présentées. L'analyse qualitative des données permet de valider les thèmes, les catégories, les difficultés liées au sens spatial relevées précédemment. L'interprétation de ces résultats rend non seulement possible sa transférabilité et sa pertinence dans le domaine de l'apprentissage de la géométrie au début du secondaire, mais justifie surtout son intérêt dans l'intervention orthopédagogique auprès des élèves en difficulté d'apprentissage.

Chapitre 4

Analyse et interprétation des résultats

4.1 Organisation des résultats

Dans le but d'assurer une analyse détaillée et précise des résultats recueillis lors de la passation du questionnaire, un codage est établi pour l'ensemble des conduites des élèves. Ce codage permet d'obtenir une analyse globale des stratégies visuo-spatiales et des difficultés rencontrées par ces élèves. D'autre part, le codage assure aussi une meilleure organisation des données propices à une analyse.

En complémentarité au codage, les conduites sont aussi catégorisées en tenant compte de la stratégie utilisée par l'élève. Dépendamment des habiletés visuo-spatiales utilisées par l'élève, la stratégie mise de l'avant par ce dernier permet de cibler les difficultés et les erreurs de raisonnement. Ainsi, le codage des conduites, jumelé à l'identification de la stratégie favorisée par l'élève, permet de répondre adéquatement à notre question de recherche de départ.

4.1.1 Codage des conduites

Tel que mentionné dans le cadre méthodologique du présent essai, rappelons que la passation du questionnaire se déroule sous forme d'entrevues semi-dirigées. Les élèves énoncent leurs réponses et leur justification, alors que la chercheuse rédige les conduites et les stratégies employées par ceux-ci.

De ce fait, le codage des conduites est élaboré en tenant compte des objectifs initiaux de cette recherche. Dans le cadre de cet essai, l'identification des difficultés rencontrées par les élèves dans l'apprentissage du sens spatial est incontournable, afin de déterminer les types d'habiletés visuo-spatiales utilisés par ces élèves en difficulté. C'est dans cette perspective de recherche que chacune des réponses des élèves est analysée soigneusement, afin d'attribuer un codage rigoureux qui assure la justesse de l'interprétation.

En ce qui concerne les 12 activités élaborées selon le modèle théorique de Van Hiele, les conduites des élèves sont classifiées selon le codage suivant, en fonction de la réponse mathématique donnée et de la teneur de la justification :

- R : Le code *R* est attribué lorsque l'élève a réussi l'activité;
- DR : Le code *DR* est attribué que l'élève a partiellement réussi l'activité;
- E : Le code *E* est attribué que l'élève a échoué l'activité.

Le code *R* est décerné à l'élève qui réussit l'activité en faisant mention d'une conduite mathématique exacte appuyée d'une justification adéquate. C'est-à-dire que l'élève est en moyen d'expliquer son raisonnement dans ses mots et que, comme chercheurs, il est possible d'identifier une stratégie efficiente utilisée par ce dernier.

Le code *DR* est attribué pour deux types de conduites. D'abord, *DR* est mis lorsque l'élève fournit une mauvaise réponse mathématique, mais qu'il la justifie par une explication pourvue de sens mathématique. Par exemple, le code *DR* est identifié lorsqu'un élève émet une mauvaise réponse, soit par de l'inattention ou par une erreur de calcul, mais qu'il parvient à justifier son raisonnement. D'autre part, *DR* est aussi attribué lorsque l'élève fait preuve d'une bonne conduite, mais qu'il la justifie par une explication dépourvue de sens mathématique. Par exemple, l'élève faisant preuve d'une bonne conduite par stratégie d'essai et erreur aurait le code *DR*.

Finalement, le code *E* est attribué lorsque l'élève fournit une mauvaise réponse à l'activité proposée avec une justification inadéquate ou sans justification. Dans ces cas, on peut alors constater l'absence de stratégie ou la stratégie erronée utilisée par les élèves.

4.1.2 Identification de la stratégie utilisée par l'élève

Tel que mentionné au chapitre deux, diverses capacités visuo-spatiales sont normalement utilisées par les élèves, selon leur niveau scolaire. Wessels et Van Niekerk ont identifié quatre types de capacités : visuelles, verbales, tactiles et intellectuelles, alors que Van Hiele a identifié cinq niveaux de pensée géométrique, soit la visualisation, l'analyse, la déduction formelle, la déduction et la rigueur. En appuyant notre analyse sur ces chercheurs, six catégories de stratégies visuo-spatiales sont identifiées et retenues pour l'analyse des conduites des élèves en géométrie.

1. D'abord, il y a la catégorie nommée *aucune stratégie (AS)*, c'est-à-dire qu'aucune stratégie visible n'es perçue ou que l'élève est incapable de justifier sa conduite

par leurs savoirs mathématiques. Cette catégorie englobe donc les conduites des élèves où aucune justification n'est apportée.

2. La deuxième catégorie, *essai et erreur (EE)*, qualifie les conduites où la justification apportée par l'élève est de type aléatoire.

3. Puis, la troisième catégorie possible vise la stratégie *dénombrement (D)*. Pour parvenir à émettre une réponse, l'élève a recours au comptage en dénombrant les côtés d'une figure géométrique ou les faces d'un solide par exemple.

4. La catégorie de stratégies suivante est *raisonnement (R)*. Cette dernière recense les réponses mentionnées par des élèves qui font preuve de déduction, d'analyse et de logique. L'élève peut utiliser un raisonnement erroné, mais être en moyen de démontrer l'acquisition de concepts liés aux habiletés visuo-spatiales. À titre d'exemple, l'élève peut calculer le périmètre au lieu de l'aire d'une figure ou commettre une erreur de calcul, mais faire preuve de raisonnement malgré tout.

5. La cinquième catégorie est nommée *visualisation (V)*. Cette classification rejoint les conduites des élèves qui demeurent à un stade concret, qui désirent, par exemple, effectuer de la manipulation. Ils restent accrochés à l'aspect visuel, à ce qu'ils observent et à la stabilité de la représentation ou de la figure géométrique.

6. Finalement, la dernière catégorie est désignée *sens spatial (SS)*. Cette dernière englobe les conduites pour lesquelles la disposition ou l'orientation d'une figure dans l'espace a un impact sur la compréhension ou le raisonnement de l'élève. Il s'agit également de la catégorie faisant appel à l'imagerie mentale d'une figure géométrique ou d'un solide.

L'ensemble de ces stratégies (*AS, EE, D, R, V* ou *SS*), combiné au codage des réponses des élèves (*R, DR* ou *E*), permet d'analyser la compréhension, le raisonnement et les difficultés liés au sens spatial chez ces derniers. Ainsi, le codage des conduites et la classification de celles-ci, selon les stratégies visuo-spatiales utilisées par les élèves, permettent d'en arriver à des données sur lesquelles baser notre analyse. Au terme de notre démarche, nous serons en mesure d'identifier les difficultés conceptuelles et les types d'habiletés visuo-spatiales utilisés par les élèves de notre étude. Il sera alors possible de mieux cerner la nature du défi d'apprentissage que l'enseignement de la géométrie en troisième secondaire propose aux élèves en difficulté.

4.2 Présentation des résultats

La présentation de l'analyse des résultats comporte trois étapes. D'abord, les résultats relatifs aux conduites de chacun des élèves, pour l'ensemble du questionnaire, sont exposés. Par la suite, la présentation des résultats propres à chacune des activités proposées aux élèves est effectuée. Finalement, les résultats obtenus, selon le modèle théorique de Van Hiele sont présentés.

4.2.1 Analyse des conduites des élèves au questionnaire

Après avoir corroboré les informations concernant le portrait des élèves quant à leur parcours scolaire en mathématiques (voir Appendice E), la passation des activités permet d'analyser les résultats sous deux angles différents. Le questionnaire comprenant 12 activités élaborées selon le modèle théorique de Van Hiele, tel que présenté dans le cadre méthodologique de la présente recherche, permet de recenser les résultats de façon globale, pour l'ensemble des élèves, ainsi que de façon individuelle, pour chacun des élèves ayant participé à l'étude (voir Appendice F). L'analyse des conduites des élèves vous est exposée dans le tableau suivant.

Comme le montre le tableau 1, l'ensemble des élèves participants ont tous cinq *R* ou moins parmi les 12 activités proposées. De façon plus précise :

- Les élèves E01, E02, E03, E04, E07 et E08 réussissent à trois reprises sur une possibilité de 12;
- Les élèves E05, E06 et E09 obtiennent quatre *R* au total;
- Seul l'élève E10 réussit à cinq reprises.

Ainsi, sur une possibilité de 120 *R*, l'ensemble des dix élèves réussissent dans moins de 50% des cas, à savoir 35 *R*/120 réponses.

Tableau 1- Niveau de réussite et stratégies utilisées par les élèves lors du questionnaire

Total	**Niveau de réussite**	**Stratégies utilisées lors du questionnaire**
10 élèves	35 R / 21 DR / 64 E	Visualisation (57), sens spatial (30), raisonnement (16), dénombrement (8), essai/erreur (6), aucune stratégie (3)
Élèves	**Niveau de réussite**	**Stratégies utilisées lors du questionnaire**
E01	3 R / 2 DR / 7 E	Visualisation (7), sens spatial (2), raisonnement (1), essai/erreur (1), aucune stratégie (1)
E02	3 R / 4 DR / 5 E	Visualisation (6), raisonnement (2), sens spatial (2), dénombrement (1), essai/erreur (1)
E03	3 R / 2 DR / 7 E	Visualisation (9), raisonnement (2), sens spatial (1)
E04	3 R / 2 DR / 7 E	visualisation (4), sens spatial (4), raisonnement (2), dénombrement (1), essai/erreur (1)
E05	4 R / 1 DR / 7 E	Visualisation (5), sens spatial (4), raisonnement (2), dénombrement (1)
E06	4 R / 1 DR / 7 E	Visualisation (5), sens spatial (4), dénombrement (2), aucune stratégie (1)
E07	3 R / 2 DR / 7 E	Visualisation (7), sens spatial (3), raisonnement (1), essai/erreur (1)
E08	3 R / 3 DR / 6 E	Visualisation (6), raisonnement (2), sens spatial (2), dénombrement (1), essai/erreur (1)
E09	4 R / 1 DR / 7 E	Sens spatial (5), visualisation (3), raisonnement (2), dénombrement (1), aucune stratégie (1)
E10	5 R / 3 DR / 4 E	Visualisation (5), sens spatial (3), raisonnement (2), dénombrement (1), essai/erreur (1)

Légende :
2^{e} colonne : Niveaux de réussite

- *R* : Réussite, *DR* : Réussite partielle, *E* : Échec
- 3 *R* / 2 *DR* / 7 *E* : Nombre de fois que chacun des niveaux de réussite a été effectif.

3^{e} colonne : Stratégies utilisées lors du questionnaire

- *Stratégie* (*nombre de fois qu'elle a été utilisée*)
- Ex. : Visualisation (5) signifie que la visualisation a été utilisée à cinq reprises.

Quant aux réussites partielles (code *DR*), tous les élèves se sont vus attribuer ce codage entre une et quatre reprises, c'est-à-dire qu'ils ont tous, à un moment ou à un autre, fait preuve d'une conduite inexacte appuyée par une justification juste ou fait preuve d'une conduite exacte dépourvue de sens mathématique. Plus précisément :

- Les élèves E05, E06 et E09 obtiennent *DR* à une reprise;
- Les élèves E01, E03, E04 et E07 se voient octroyer *DR* à deux reprises sur une possibilité de 12;
- Les élèves E08 et E10 obtiennent *DR* à trois reprises;
- Seul l'élève E02 obtient *DR* à quatre reprises sur un total de 12.

Donc, de façon globale, pour l'ensemble des élèves, 21 conduites obtiennent le codage *DR* sur un total de 120.

Finalement, les élèves obtiennent le codage *E* entre quatre et sept reprises chacun sur une possibilité de 12. Pour l'ensemble des 10 élèves :

- L'élève E10 obtient quatre *E* sur une possibilité de 12;
- L'élève E02 obtient *E* à cinq reprises;
- L'élève E08 obtient six *E* sur un total de 12;
- Puis, les élèves E01, E03, E04, E05, E06, E07 et E09, obtiennent *E* à sept reprises.

De ce fait, sur un total de 120 possibilités, l'ensemble des élèves échouent dans plus de 50% des cas (64 *E*/120)

Ainsi, l'analyse des conduites de l'ensemble des élèves lors de la passation du questionnaire nous permet de constater la présence de difficultés en lien avec les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves. Lorsque nous observons le tableau 1, on remarque que huit élèves sur 10 utilisent davantage la visualisation, sans nécessairement faire preuve de bonnes conduites. Il s'agit d'ailleurs d'un résultat significatif dans le cadre de cette analyse, du fait que la visualisation est la stratégie associée au tout premier niveau du développement de la pensée géométrique de Van Hiele, normalement acquis au début du primaire. Cette stratégie n'est pas pleinement efficace, puisque les élèves l'utilisent lors d'activités où la capacité d'abstraction est requise. C'est le cas, par exemple, à l'activité numéro 12, lorsqu'ils doivent identifier le cube correspondant selon l'orientation des lettres. Ils se fient à ce qu'ils observent concrètement, mais ils ne sont pas en moyen de se représenter mentalement les six faces du cube.

D'autre part, le faible taux de réussite des élèves (35 *R*/120) indiquent également qu'ils utilisent majoritairement des stratégies inefficaces ou inadéquates pour compléter les activités qui leur sont proposées. En ce sens, des difficultés en lien avec la compréhension des notions mathématiques enseignées sont relevées. Par exemple, ils ne font pas la distinction entre l'aire et le périmètre, de même qu'entre différentes formes géométriques. Le développement de solides et la représentation mentale présentent également des obstacles à la compréhension des élèves, puisqu'ils ne parviennent pas à considérer les éléments qui sont absents visuellement de l'activité.

4.2.1.1 Conduites des élèves ayant obtenu trois *R*

Les élèves E01, E02, E03, E04, E07 et E08 obtiennent le plus faibles taux de réussite à notre questionnaire, soit trois *R* sur une possibilité de 12. Pour ces six élèves, à un moment ou à un autre, le codage *E* leur a été octroyé entre cinq et sept reprises. La recension des conduites émises par ces derniers permet d'analyser la compréhension qu'ils ont du sens spatial.

<u>Élève 01</u>

Pour l'élève E01, il est possible de constater que la visualisation n'est pas pleinement efficace chez l'élève, puisque six des sept mauvaises conduites de l'élève relèvent de cette stratégie. La visualisation n'est pas pleinement efficace, car l'élève ne tient pas compte de toutes les caractéristiques des formes géométriques qu'il observe. À titre d'exemple, à l'activité numéro 8, l'élève mentionne que le rectangle D est celui qui a le plus de carrés rouges lorsqu'il est rempli, puisqu'il perçoit le nombre 8, soit le plus grand nombre parmi les rectangles suggérés. Ainsi, lorsqu'il regarde les quatre rectangles, il ne raisonne pas en appliquant le calcul de l'aire d'un rectangle ou en dénombrant les cubes à l'intérieur de chacun des rectangles pour les comparer. Il s'appuie sur les nombres qu'il observe de façon décontextualisée.

<u>Élève 02</u>

Malgré le fait que l'élève 02 a utilisé cinq stratégies différentes pour réaliser l'ensemble des 12 activités proposées, des difficultés sont tout de même relevées. Une difficulté en lien avec le sens spatial est identifiée puisque l'élève n'est pas en moyen de procéder par imagerie mentale pour faire preuve de bonnes conduites, entre autres lors des activités numéro 3, 4, 9 et 11. Par exemple, à l'activité numéro 9, lorsqu'il doit s'imaginer mentalement la forme finale, au moment où on déplie le papier vert, à la suite du découpage, l'élève est incapable d'émettre une réponse, puisque la feuille qu'il observe n'est pas pliée. Il s'agit là d'une manifestation importante du fait qu'il est incapable de délaisser l'aspect visuel.

Élève 03

L'élève 03 est celui qui utilise la stratégie visualisation le plus fréquemment parmi les 10 élèves. Cependant sur les neuf utilisations de la visualisation, cette dernière est employée de façon appropriée à seulement deux reprises. Ainsi, tout comme pour l'élève 01, il s'agit du résultat le plus significatif concernant l'élève 03. Étant donné que la visualisation est la stratégie associée au niveau 0 du développement de la pensée géométrique de Van Hiele, normalement acquis au début du primaire, il est possible de relever des difficultés en lien avec les habiletés visuo-spatiales.

Élève 04

Contrairement aux résultats des trois premiers élèves, l'élève 04 n'utilise pas la visualisation de façon aussi fréquente et les quatre reprises où il l'utilise, il ne fait pas preuve d'une bonne conduite. En ce sens, les trois bonnes conduites observées chez l'élève ne relèvent pas de la visualisation, mais plutôt du raisonnement et du sens spatial. Puis, à l’opposé, 4/7 conduites codées *E* relèvent de la visualisation. Les difficultés que l’élève 04 rencontre avec la visualisation soulèvent un questionnement, puisque la visualisation devrait être le point de départ du développement des habiletés visuo-spatiales. Par exemple, l’activité numéro 2 veut simplement que l’élève identifie les deux formes géométriques qu’on obtient si on coupe le trapèze rectangle sur la ligne pointillée, soit le triangle et le rectangle. Malgré le fait que la ligne de coupe délimite clairement les deux formes géométriques, l’élève mentionne qu’on obtient un parallélogramme et un triangle, étant donné que le trapèze rectangle est incliné sur la feuille de l’activité.

<u>L’élève 07</u>

Ainsi, au même titre que pour l’élève 01, la visualisation n’est pas pleinement efficace chez l’élève, puisqu’elle permet seulement deux bonnes conduites alors qu’elle est utilisée à sept reprises. Il s’agit du résultat le plus révélateur pour cet élève, par le fait que la visualisation est la stratégie associée au tout premier niveau du développement de la pensée géométrique de Van Hiele, normalement acquis au début du primaire. Par exemple, à l’activité numéro 5, lorsque l’élève doit repérer la forme géométrique distincte, soit le parallélogramme, parmi les triangles, et qu’il n’est pas en mesure de discerner le nombre de côtés, cela prouve que la visualisation, tout comme la compréhension des caractéristiques des formes géométriques, n’est pas pleinement efficace chez l’élève 07.

L'élève 08

Tout comme cinq autres élèves, l'élève 08 obtient également trois *R* parmi les 12 activités proposées. Certaines conduites de l'élève en disent plus long sur les habiletés visuo-spatiales qu'il utilise que d'autres. Par exemple, à la première activité, il ne parvient pas à identifier le trapèze et il pointe une forme géométrique aléatoirement. Pourtant, le trapèze figure au deuxième cycle du primaire selon la progression des apprentissages en mathématiques au primaire (MELS, 2009). D'autre part, lors de l'activité numéro 11, lorsqu'on demande à l'élève d'identifier la forme qu'on obtient, délimitée par la ligne bleue, après la coupe transversale de la pyramide à base carrée, il mentionne : « La lettre D [c'est-à-dire le parallélogramme], parce que la pyramide n'est pas coupée droite, donc la forme doit être penchée. » Cet énoncé représente bien le fait que l'élève ne délaisse pas l'aspect visuel et qu'il ne parvient pas à s'imaginer mentalement une forme géométrique.

L'analyse des conduites des élèves ayant obtenu 3 *R* vient prouver des difficultés en lien avec les habiletés visuo-spatiales utilisées. De prime abord, même lorsque l'activité proposée leur permet de s'appuyer sur la visualisation, lorsqu'ils doivent identifier une forme distincte parmi un ensemble de formes, par exemple, ils ne sont pas en mesure de distinguer celle-ci en considérant les caractéristiques géométriques. Ils ne parviennent pas à traiter mentalement l'information qu'ils voient, puisqu'ils appuient la majorité de leurs conduites sur l'aspect visuel. D'ailleurs, s'ils observent deux représentations identiques et qu'ils les comparent, celles-ci doivent avoir la même orientation spatiale pour que les élèves les considèrent identiques. Il en est de même pour des formes semblables. Si une forme subit un agrandissement ou une réduction, de façon proportionnelle, les élèves ne sont pas en moyen de justifier la similitude.

4.2.1.2 Conduites des élèves ayant obtenu quatre *R*

Les élèves E05, E06 et E09 obtiennent tous quatre *R*, un *DR* et sept *E* pour les 12 conduites dont ils ont fait preuve. Bien qu'ils aient eu une réussite supplémentaire que les élèves présentés précédemment, ils ont tous manifesté plus de 50% de mauvaises conduites.

<u>Élève 05</u>

Pour l'élève 05, ses conduites permettent de conclure que malgré le fait que l'élève utilise diverses stratégies, aucune d'entre elles ne semble être pleinement maîtrisée. La visualisation, bien qu'utilisée à cinq reprises, permet de faire preuve d'une seule bonne conduite, alors que le sens spatial, bien qu'utilisé à quatre reprises, n'est efficient qu'à 50%. En ce sens, un questionnement est soulevé pour cet élève, puisqu'à certains moments, il ne parvient pas à identifier un quadrilatère par la visualisation, alors qu'à d'autres reprises il déploie avec justesse le sens spatial.

<u>L'élève 06</u>

Pour sa part, l'élève 06 utilise principalement la visualisation, le sens spatial et le dénombrement afin de démontrer sa compréhension lors de la passation des activités. Ses conduites permettent d'identifier des difficultés visuo-spatiales en lien avec le vocabulaire (ex : hexagone vs octogone), l'orientation spatiale et les caractéristiques d'une forme géométrique (ex : nombre de côtés, côtés parallèles vs perpendiculaires, parallélogramme vs losange) de même qu'avec l'imagerie mentale d'une forme ou d'un solide. De plus, le fait qu'il déploie de bonnes conduites aux activités numéro 2, 3 et 4 permet d'affirmer que le niveau 0 de Van Hiele, soit la visualisation, semble acquis chez cet élève.

<u>L'élève 09</u>

L'élève 09 a utilisé quatre stratégies différentes pour réaliser l'ensemble des 12 activités proposées. Des difficultés en lien avec le sens spatial, la visualisation et le raisonnement sont relevées. Par exemple, lorsqu'il identifie le losange au lieu du trapèze à l'activité numéro 1 ou lorsqu'il ne parvient pas à faire faire la rotation au cube dans sa tête, à l'activité numéro 12. Il lui arrive également de faire preuve d'un raisonnement erroné, entre autres en mentionnant que le produit de 5 x 3 = 20, ou de dénombrer trop rapidement et de compter six côtés à un heptagone.

Ainsi, l'analyse des conduites des élèves ayant obtenu quatre *R* permet également de conclure que les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves ne sont pas suffisantes pour assurer un apprentissage du sens spatial. En effet, malgré le fait que les élèves utilisent diverses stratégies pour compléter les activités, une problématique avec la représentation mentale est observée. Il leur est difficile de concevoir une forme ou un solide ou de s'imaginer mentalement un résultat final à la suite d'une transformation géométrique. D'autre part, la capacité d'abstraction amène aussi son lot de confusions.

Parmi un ensemble de formes, les élèves ne parviennent pas à faire abstraction de certaines données ou de certains éléments.

4.2.1.3 Conduites de l'élève ayant obtenu cinq *R*

Finalement, l'élève E10 obtient le meilleur taux de réussite au questionnaire, c'est-à-dire qu'il a obtenu cinq *R*, trois *DR* et quatre *E* pour les 12 activités. Pour l'ensemble des trois premières activités du niveau 0 de Van Hiele, il justifie ses réponses en s'appuyant sur ses savoirs et sur des stratégies efficaces, soit la visualisation et le sens spatial. Puis, pour le niveau 3 de Van Hiele, il réussit deux activités sur trois, à savoir les activités numéro 10 et 11, en utilisant adéquatement le raisonnement et le sens spatial. Ainsi, malgré certaines difficultés au niveau 1 et 2 de Van Hiele, malgré le fait que sa compréhension de la géométrie est en deçà des élèves de son âge selon Van Hiele, l'élève peut manifester une compréhension et un développement de la pensée géométrique. Il peut démontrer une utilisation efficiente de la visualisation, du sens spatial et du raisonnement.

4.2.1.4 Synthèse des conduites des élèves au questionnaire

De ce fait, l'analyse des résultats, selon les dix études de cas effectuées dans le cadre de cette recherche, permet de constater que les difficultés visuo-spatiales en mathématiques en troisième secondaire sont bel et bien présentes. Les difficultés liées à la visualisation, au sens spatial et au raisonnement sont les plus fréquentes et les plus nombreuses. En effet, les élèves ayant des difficultés en mathématiques ne semblent pas être en moyen de délaisser l'aspect visuel d'une forme géométrique ou d'un solide, ce qui explique l'utilisation importante de la stratégie visualisation. Les élèves ont également une difficulté marquée en lien avec l'imagerie mentale d'une forme géométrique ou d'un solide. D'autre part, certains élèves connaissent aussi des difficultés avec le langage mathématique. Les termes triangles semblables, angles et coupe transversale ne sont pas facilement compris par les élèves. Puis, lorsqu'ils doivent justifier l'une de leurs réponses, l'accès à leur lexique mathématique pour expliquer leur raisonnement est aussi laborieux. En ce sens, afin d'identifier avec justesse les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves en difficulté, nous procèderons à l'analyse des résultats du questionnaire pour chacune des activités proposées.

4.2.2 Analyse des conduites observées aux activités du questionnaire

Comme le montre le tableau 2, des 120 conduites observées, seulement 29% d'entre elles sont de type *R* (35 conduites) et plus de 50% des conduites des élèves sont erronées ou présentent une absence de stratégie (respectivement 21 *DR* et 64 *E*). Parmi les 12 activités proposées, l'activité numéro 2 est la seule qui est réussie neuf fois sur 10. À l'inverse, les activités numéro 6 et 12 n'obtiennent aucun code *R*, alors que l'activité numéro 8 est réussie à une seule reprise. Sur la totalité des activités, 11 d'entre elles sont réussies à cinq reprises ou moins par les élèves. Ainsi, en observant le tableau 2, il apparaît évident que les élèves connaissent des difficultés préoccupantes en lien avec les habiletés visuo-spatiales qu'ils ont utilisées. Afin d'appuyer cette observation, nous procèderons maintenant à l'examen des conditions selon le taux de réussite déjà décrit, en portant une attention particulière à la stratégie gagnante et aux difficultés rencontrées par les élèves,

Tableau 2 - Conduites des élèves au questionnaire selon l'activité

Total	**Niveau de réussite**	**Stratégies utilisées par les élèves pour chacune des activités**						**Difficultés rencontrées**
12 activités	35 R / 21 DR / 64 E	V (57)	SS (30)	R (16)	D (8)	EE (6)	AS (3)	Sens spatial difficile
		Stratégies utilisées par les élèves pour chacune des activités						
Activité	**Niveau de réussite**	**V**	**SS**	**R**	**D**	**EE**	**AS**	**Difficultés rencontrées**
#1	3 R / 1 DR / 6 E	3	2		3	2		Visualiser, nom des formes
#2	9 R / 0 DR / 1 E	**10**						Bien réussi : 9/10
#3	3 R / 1 DR / 6 E	**5**	4			1		Forme irrégulière
#4	2 R / 5 DR / 3 E	**5**	3		2			Orientation des formes
#5	2 R / 0 DR / 8 E	**8**					2	Orientation des formes
#6	0 R / 8 DR / 2 E	**7**	2				1	Propriétés des formes
#7	5 R / 0 DR / 5 E		2	**5**	3			Visualisation, orientation
#8	1 R / 1 DR / 8 E	3		**7**				Distinction périmètre/aire
#9	3 R / 1 DR / 6 E	**6**	3			1		Représentation mentale
#10	3 R / 1 DR / 6 E	**6**		4				Formes semblables
#11	4 R / 1 DR / 5 E	3	**7**					Représentation mentale
#12	0 R / 2 DR / 8 E	1	**7**			2		Représentation mentale

Légende :
2e colonne : Niveaux de réussite

- *R* : Réussite, *DR* : Réussite partielle, *E* : Échec
- 3 *R* / 2 *DR* / 7 *E* : Nombre de fois que chacun des niveaux de réussite a été effectif.

3e colonne : Stratégies utilisées lors du questionnaire

- *Stratégie* (*nombre de fois qu'elle a été utilisée*)
- Ex. : Visualisation (5) signifie que la visualisation a été utilisée à cinq reprises.

soit dans la maîtrise ou dans l'utilisation d'une stratégie. En complément, la compilation des résultats obtenus par activité vous est également exposée dans un tableau synthèse à l'Appendice G de la présente recherche.

4.2.2.1 Conduites des élèves aux activités – quatre *R* ou plus

Les activités numéro 2, 7 et 11 obtiennent quatre *R* ou plus sur une possibilité de 12. Ce sont les activités de notre questionnaire qui sont les mieux réussies, entre autres parce que certains élèves les ont bien comprises, mais aussi parce qu'ils ont fait preuve de stratégies efficientes pour les résoudre.

<u>Activité #2</u>

Parmi les 12 activités réalisées auprès des dix élèves, la deuxième obtient le plus haut taux de réussite, soit 9/10 R pour un E. Dans cette activité, l'ensemble des élèves appuie leur conduite sur la stratégie de la visualisation qui permet de réussir l'activité. Cette réussite semble être possible parce que les deux formes géométriques recherchées, soit le rectangle et le triangle, sont clairement délimitées par la ligne pointillée tracée sur le trapèze rectangle. Ainsi, l'élève n'a pas à abstraire les formes et à les imaginer mentalement. Il lui est ainsi possible d'émettre une réponse pourvue de sens en observant le trapèze rectangle initial. De plus, dans l'apprentissage du vocabulaire mathématique, les termes *rectangle* et *triangle* sont normalement enseignés dès le premier cycle du primaire, puis réinvestis dans les années ultérieures (MELS, 2009). Les résultats à cette activité semblent confirmer que cet apprentissage, fait en bas âge, se consolide au fil des ans, ce qui pourrait expliquer une meilleure réussite chez les élèves pour cette activité. Aucune difficulté conceptuelle n'est observée pour cette activité.

Activité #7

En ce qui concerne l'activité numéro 7, elle obtient cinq *R* par la stratégie du raisonnement. Pour réussir l'activité, les élèves raisonnent en comparant les deux ensembles de cubes. Ainsi, comme l'ensemble du bas est simplement tourné vers le haut, ils saisissent qu'il doit y avoir le même nombre de cubes pour chacune des couleurs. Lors de cette activité, la principale difficulté observée relève du fait que certains élèves nomment une couleur aléatoirement ou qu'ils dénombrent les cubes en essayant de tenir compte d'un ordre (enlignement des uns avec les autres, rangées ou colonnes de cubes). Ainsi, leur conduite est erronée.

Activité #11

Pour ce qui est de l'activité numéro 11, les élèves doivent se représenter mentalement une pyramide tronquée, afin d'identifier le trapèze isocèle obtenu à la suite de la coupe. Parmi les élèves, quatre d'entre eux obtiennent le codage *R*, grâce à l'utilisation d'un raisonnement adéquat. Ils perçoivent que si la pyramide est coupée parallèlement à la base, ils obtiennent un carré, soit la même forme que la base. Par contre, si la pyramide est coupée selon une inclinaison, alors l'un des côtés sera plus grand, comme un trapèze qui a une base plus longue que l'autre. Pour cette activité, deux difficultés sont relevées, l'une quant à la visualisation et l'autre quant au sens spatial. Sur le plan visuel, trois élèves mentionnent qu'ils obtiennent un triangle à la suite de la coupe transversale, car les côtés latéraux de la pyramide sont des triangles. Donc pour eux, même si on coupe la pyramide de façon transversale, elle va seulement rapetisser en hauteur. En second lieu, deux élèves mentionnent que la forme géométrique qu'ils observent est le parallélogramme. Selon eux, comme la coupe de la pyramide est « penchée[4] », ils en arrivent à la conclusion que la forme issue de cette transformation géométrique doit également être « penchée ». Ainsi, lorsqu'ils voient le parallélogramme parmi les choix proposés, ils associent la paire de côtés parallèles inclinés au fait que la forme qu'ils obtiennent doit être « penchée ».

4.2.2.2 Conduites des élèves aux activités - trois *R*

Activité #1

Pour la première activité, qui consiste à identifier un trapèze et un octogone parmi neuf formes géométriques, seulement trois élèves ont réussi l'activité. Les stratégies mises de l'avant par ces élèves pour procéder à l'identification des formes géométriques varient entre la visualisation, le sens spatial, le dénombrement et l'essai/erreur. L'une des difficultés relève de la connaissance du nom des polygones. En effet, trois élèves confondent l'hexagone et l'octogone à la suite du dénombrement des côtés. D'autre part, une confusion est aussi observée entre le losange et le trapèze chez deux élèves, puisqu'ils se fient aux côtés « penchés », c'est-à-dire parallèles. Pour eux, un trapèze a des côtés « penchés », ce qui explique pourquoi ils identifient le losange plutôt que trapèze. Les

[4] Expression utilisée par l'élève

difficultés remarquées lors de l'activité numéro 1 indiquent donc une mauvaise compréhension des formes géométriques.

Activité #3

Quant à l'activité numéro 3, trois élèves la réussissent en utilisant le sens spatial. L'activité demande aux élèves d'identifier, parmi trois formes géométriques irrégulières, celle qui remplit parfaitement la zone pointillée du trapèze isocèle. En d'autres mots, c'est comme lorsqu'on demande aux élèves de discerner la pièce d'un casse-tête. Deux difficultés sont prédominantes pour cette activité. D'abord, les élèves connaissent des difficultés quant à l'orientation spatiale des formes géométriques, étant donné que celles-ont ont subi une rotation. Aussi, une difficulté est également relevée quant à la taille des formes géométriques proposées, bien que celles-ci soient réduites de façon proportionnelle à la forme initiale. En ce sens, cette activité permet de constater que certains élèves sont dans l'impossibilité de faire preuve d'une bonne conduite, lorsqu'en observant, ils doivent comparer des formes géométriques qui ne sont pas identiques en terme de taille et d'orientation.

Activité #9

Quant à l'activité numéro 9, elle demande aux élèves de déduire et de se représenter mentale la figure qu'ils obtiennent, après le découpage, lorsqu'ils déplient le papier. Trois élèves ont réussi cette activité en déployant un raisonnement pour justifier leur conduite. La principale difficulté soulevée lors de cette activité réside dans la visualisation, alors que les élèves demeurent bloqués sur ce qu'ils voient. Donc lorsqu'on leur demande d'identifier, parmi les quatre choix, la figure qu'on obtiendra en dépliant le papier, ils mentionnent qu'on ne peut pas déplier le papier, puisqu'il n'est pas plié. Ils ne parviennent pas à se représenter mentalement la figure finale en considérant la pliure comme un axe de symétrie.

Activité #10

L'activité numéro 10 tient compte des relations entre les formes géométriques et leurs caractéristiques. En observant deux triangles semblables, les élèves énoncer l'une des raisons pour laquelle on considère que ces deux triangles sont semblables. Grâce au raisonnement, trois élèves parviennent à réussir l'activité en mentionnant que l'un des triangles est plus grand et l'autre plus petit, mais que leurs côtés sont équivalents, car ils ont subi le même agrandissement. Une difficulté revient de façon plus fréquente lorsqu'on analyse les conduites des élèves pour cette activité, à savoir qu'ils restent accrochés aux triangles qu'ils observent. Premièrement, ils ne font pas la distinction entre des triangles semblables et des triangles isométriques. Ainsi, ils vont indiquer que les deux triangles sont pareils, parce que ce sont deux triangles. Sinon, ils vont affirmer que les deux triangles sont semblables, parce que les deux triangles ont trois côtés. Ce raisonnement est erroné parce qu'en nommant qu'ils sont semblables, car ils ont tous les deux trois côtés, l'élève laisse sous-entendre que les triangles n'ont pas tous trois côtés.

4.2.2.3 Conduites des élèves aux activités - deux *R* ou moins

Activité #4

Pour ce qui est de l'activité numéro 4, les élèves ont à reconnaître, parmi les sept formes géométriques représentées à droite, celles qui font partie de l'image de gauche. Afin de réussir l'activité, deux élèves identifient adéquatement les quatre formes présentes par le sens spatial. À la lumière des conduites des élèves, trois difficultés sont relevées. D'abord, deux élèves commettent une erreur d'inattention et ne tiennent pas compte de la consigne initiale qui indique que chacune des lignes délimite une forme géométrique. Ils mentionnent donc que le grand rectangle se retrouve dans l'image. Trois élèves utilisent le dénombrement de façon erronée alors qu'ils recensent que l'heptagone et l'hexagone ont tous deux six côtés. Finalement, une difficulté est également soulevée quant à l'orientation spatiale des formes géométriques. Si la forme de droite n'est pas positionnée de la même façon sur l'image de gauche, l'élève ne l'identifie pas.

Activité #5

La cinquième activité présente aux élèves huit formes géométriques, soit sept triangles et un parallélogramme. Parmi ces formes, les élèves doivent identifier celle qui est différente et justifier son choix. Seulement deux élèves parviennent à identifier le parallélogramme en dénombrant qu'il a quatre côtés. La principale difficulté remarquée, c'est que les élèves portent attention à chacune des formes, mais comme il y a sept triangles, ils se concentrent à comparer les triangles entre eux, selon leurs caractéristiques, leur orientation spatiale et leurs mesures. Ainsi, ils semblent faire abstraction du parallélogramme parmi l'ensemble. Cette façon de procéder, même si elle engendre une conduite erronée chez huit élèves, soulève un questionnement, puisqu'elle démontre, chez les élèves, une capacité à faire abstraction d'un élément, alors que normalement, leurs conduites témoignent du contraire.

Activité #6

En ce qui a trait à l'activité numéro 6, aucun élève n'a fait preuve d'une bonne conduite. La majorité d'entre eux a remplacé le rectangle au bas de la figure orange (forme bleue identifiée par la lettre A) par le trapèze (forme bleue identifiée par la lettre E). Les deux formes géométriques, étant très près l'une de l'autre sur le plan visuel, ont amené une confusion chez les élèves. Ainsi, étant donné que huit élèves sur 10 ont nommé la lettre E, soit le trapèze, plutôt que la lettre A, le rectangle, le codage *DR* est octroyé lorsqu'il s'agit de la seule confusion. Une difficulté en lien avec la représentation mentale des formes géométriques est aussi observée. Les élèves auraient souhaité pouvoir découper les formes géométriques bleues afin de les utiliser pour recouvrir la figure orange. Par la suite, ils auraient été habiletés à nommer les quatre formes géométriques bleues utilisées. Par contre, pour réussir cette activité, les élèves doivent tenir compte des formes et de leurs caractéristiques afin de bien identifier les quatre formes géométriques recouvrant la figure orange. Le fait de leur permettre de découper et de manipuler les formes géométriques aurait modifié l'intention initiale de cette activité.

Activité #8

L'activité numéro 8 amène aussi son lot de difficultés chez les élèves. Étant donné que l'activité demande de recouvrir ou de remplir les rectangles, les élèves doivent utiliser le calcul de l'aire du rectangle ou le dénombrement des carrés rouges nécessaires, afin de déterminer lequel aura le plus grand nombre de carrés rouges lorsqu'il est rempli. Seulement un élève fait preuve d'une bonne conduite par le raisonnement. Deux difficultés sont notées lors de la réalisation de l'activité numéro 8. D'abord, le raisonnement requis pour distinguer le périmètre, soit le contour d'une figure, et l'aire, soit la surface d'une figure, n'est pas maîtrisé par les élèves. Cinq élèves expliquent leur conduite en lien avec le périmètre des rectangles plutôt que l'aire. D'autre part, trois élèves appuient leur conduite sur les nombres qu'ils observent et mentionnent que le rectangle D est celui qui aura le plus de cubes lorsqu'il sera rempli, puisqu'une de ses mesures est huit.

Activité #12

Finalement, l'activité numéro 12 est difficilement comprise par les élèves, puisqu'elle exige de se représenter mentalement le cube. Aucun élève n'arrive à identifier le cube correctement, entre autres parce qu'ils utilisent la visualisation, alors qu'ils doivent effectuer une rotation mentalement avec un objet tridimensionnel. D'ailleurs, les lettres inscrites sur les faces du cube, notamment leur orientation, sont une source de confusion importante. Plusieurs élèves n'arrivent pas à assimiler que, pour trouver la réponse, ils doivent faire faire une rotation au cube, puis tenir compte de l'orientation des lettres. Donc, l'une d'elles ne sera plus être visible, puisque le mouvement de rotation modifie les trois faces visibles. Ainsi, pour réussir l'activité, l'élève doit mettre à profit ses habiletés de visualisation et de sens spatial simultanément, quant aux faces visibles, à l'orientation des lettres et à la rotation du cube, pour faire preuve d'une bonne conduite.

4.2.2.4 Synthèse des conduites observées aux activités

L'intégralité de ces résultats, même lorsqu'on ne tient compte que de l'aspect quantitatif de chacune des activités, soit les bonnes et les mauvaises conduites, amène un questionnement sur les raisons pouvant expliquer de telles difficultés quant aux habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves. Normalement, les activités numéro 1 à 9 devraient être bien réussies par les élèves, puisqu'elles font référence aux trois premiers niveaux de Van Hiele et que ces trois niveaux concernent des apprentissages du début du primaire jusqu'au début du secondaire (Van de Walle et Lovin, 2008). Maintenant que les résultats par élève et par activité ont été décrits et précisés, la présentation des résultats selon les niveaux de pensée de Van Hiele reste à faire, afin d'établir des liens entre les habiletés visuo-spatiales utilisées et les difficultés rencontrées par les élèves participants.

4.2.3 Analyse des conduites des élèves selon Van Hiele

En dernier lieu, avant de procéder à la présentation des résultats selon les quatre niveaux de Van Hiele, rappelons que les 12 activités sont élaborées selon le modèle théorique de ce chercheur. Ainsi, les quatre niveaux étudiés contiennent trois activités chacun. La sélection de celles-ci tient compte de l'évolution de la pensée géométrique et des habiletés visuo-spatiales normalement utilisées à chacun des niveaux de Van Hiele

(*Ibid*). Comme le montre le tableau 3, le niveau 0, soit la visualisation, est celui qui est le mieux réussi par les élèves, bien qu'il ait seulement 15/30 *R*. Par la suite, les niveaux 1, 2 et 3 ont tous moins de 10 réussites sur une possibilité de 30, c'est-à-dire 30% ou moins de réussite. Un tableau synthèse de ces résultats se retrouve également à l'Appendice H du présent essai.

Tableau 3 - Conduites des élèves au questionnaire selon les niveaux de Van Hiele

		Stratégies utilisées par les élèves pour chacun des niveaux						**Difficultés rencontrées**
Niveau	**Niveau de réussite**	**V**	**SS**	**R**	**D**	**EE**	**AS**	
0	15 R / 2 DR / 13 E	18	6		3	3		Représentation mentale, sens spatial
1	4 R / 13 DR / 13 E	20	5		2		3	Caractéristiques et classes de formes
2	9 R / 2 DR / 19 E	9	5	12	3	1		Représentation mentale, sens spatial, lien entre les formes
3	7 R / 4 DR / 19 E	10	14	4		2		Abstraction, représentation mentale, relation entre les formes

Niveau 0 - Visualisation

Dans un premier temps, les trois premières activités demandent aux élèves de nommer ou de reconnaître les formes géométriques en se fiant à l'aspect visuel. C'est le niveau que l'on appelle *Visualisation*. Parmi les conduites manifestées, 15 *R*, 2 *DR* et 13 *E*, pour un total de 30 conduites, sont identifiées. Considérant que le niveau 0 de Van Hiele est normalement acquis en début de scolarité, soit au primaire, il est possible de relever que les habiletés en lien avec l'observation et le sens spatial sont efficientes. D'autre part, en appuyant la réflexion sur la progression des apprentissages du MELS en mathématiques au primaire, les trois premières activités font référence à des notions apprises au début du parcours scolaire (2009). Lorsqu'on recense les résultats, il est préoccupant de constater qu'exclusivement 50% d'entre eux, pour le premier niveau, obtiennent le codage *R*. Les principales difficultés observées touchent la visualisation. Lorsqu'ils doivent observer, ils parviennent à le faire. Par contre, lorsqu'on modifie l'orientation d'une forme géométrique dans l'espace ou lorsqu'ils doivent compléter une activité contenant des formes avec des angles obtus ou aigus (ex. : trapèze, losange, parallélogramme), ils éprouvent de la difficulté à en faire la distinction.

Niveau 1 - Analyse

Puis, les activités numéro 4 à 6 portent sur les caractéristiques d'une forme ou d'une classe de formes. Elles permettent de valider la compréhension et les stratégies utilisées par l'élève en ce qui a trait à la généralisation. À titre d'exemple, les activités permettent de vérifier si l'élève est capable de généraliser que tous les triangles ont trois côtés, mais qu'ils peuvent être subdivisés selon la mesure de chacun d'eux. À ce stade-ci, les élèves manifestent de bonnes conduites à quatre reprises sur 30, soit dans moins de 15% des cas. Les difficultés rencontrées par les élèves relèvent du fait qu'ils éprouvent de la difficulté à décrire et à classer les formes géométriques selon l'activité proposée. Étant donné qu'ils doivent faire la distinction entre des formes géométriques en les comparant, ils doivent s'appuyer sur les caractéristiques et la classification de celles-ci. Or, comme ils ont des difficultés à dégager les caractéristiques, ils éprouvent de la difficulté à en faire la distinction. C'est pourquoi, tout comme le niveau 0 de Van Hiele, les résultats de ce niveau suscitent des questionnements quant à l'apprentissage de la géométrie et aux habiletés visuo-spatiales utilisées.

Niveau 2 - Déduction formelle

Par la suite, les activités numéro 7 à 9 font référence aux propriétés des formes géométriques de même qu'aux relations entre elles. Le niveau 2 de pensée de Van Hiele, la *déduction formelle*, demande donc aux élèves de déduire en s'appuyant sur des arguments qui prouvent leur raisonnement. Parmi les 30 conduites des élèves, neuf d'entre elles obtiennent le code *R*, ce qui signifie 30% de bonnes conduites. De façon plus détaillée, les résultats pour ce niveau sont neuf *R*, deux *DR* et 19 *E*, c'est-à-dire que 63% des conduites sont dépourvues de sens mathématique ou sont inexactes. Les difficultés relevées à ce niveau sont dues, entre autres, au fait que les élèves dénombrent à tort pour émettre une réponse, puisqu'ils sont incapables d'établir une relation entre les formes géométriques et l'activité qui leur est proposée. Par exemple, à l'activité numéro 8, cinq élèves sur 10 calculent le périmètre des rectangles en additionnant tous les côtés, plutôt qu'en établissant un lien entre la mesure de la base et la hauteur des rectangles, afin de déterminer la surface de ceux-ci. Les élèves ont également de la difficulté à se représenter mentalement les formes géométriques de même qu'à bien différencier les quadrilatères.

En effet, la connaissance des caractéristiques distinctes des quadrilatères ainsi que la maîtrise des noms de ces formes amènent de la confusion chez ceux-ci.

Niveau 3 - Déduction

Finalement, les trois dernières activités, soit les activités numéro 10 à 12, ont trait à la capacité d'abstraction et au raisonnement logique des élèves participants. Ces trois activités demandent aux élèves de faire preuve d'un raisonnement logique en justifiant leur conduite par le sens spatial ou l'imagerie mentale. À ce niveau de Van Hiele, les élèves font preuve de 7/30 bonnes conduites (codage *R*), 4/30 conduites imprécises (codage *DR*) et 19/30 conduites inexactes (codage *E*). Au même titre que les niveaux précédents, ce dernier niveau permet également d'observer certaines problématiques en lien avec les habiletés visuo-spatiales. À cet effet, l'abstraction de certaines informations, de même que la mentalisation d'une structure chez les élèves sont difficiles. Ils éprouvent des difficultés marquées pour se créer un schème de pensée qui leur permettrait de raisonner et d'abstraire afin d'émettre des hypothèses logiques en lien avec l'activité proposée.

4.2.4 Synthèse des résultats présentés

Maintenant que l'ensemble des conduites des élèves est décrite et analysée, des constats restent à faire afin d'interpréter ces résultats. Les difficultés soulevées dans la présentation des résultats détaillés et l'analyse des conduites des élèves viennent alimenter notre questionnement en tant que chercheur, mais également justifier la pertinence du questionnement initial de cet essai portant sur les habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves en difficulté en mathématiques au secondaire. En ce sens, ceux-ci seront commentés selon le modèle théorique de Van Hiele (1959), de même que d'après les recherches ayant servi de base théorique à cet essai.

4.3 Interprétation des résultats

D'abord, rappelons que deux objectifs spécifiques découlent des 10 études de cas de cette recherche. Nous souhaitons pouvoir identifier le type d'habiletés visuo-spatiales utilisé chez les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques au secondaire, afin de cibler les difficultés rencontrées par ces élèves. Pour atteindre nos objectifs et répondre à notre question de recherche, la passation du questionnaire, élaboré selon les niveaux de développement de la pensée géométrique de Van Hiele, a permis de faire une recension des conduites des élèves à l'étude. Les constats émanant de ces conduites sont présentés dans les sections suivantes.

4.3.1 Interprétation des activités proposées

Avant de procéder à l'interprétation des résultats, il importe de préciser que, dans le cadre de cette recherche, certaines activités présentées aux élèves furent davantage significatives que d'autres. Quelques activités furent plus représentatives, puisqu'elles ont permis de relever de façon plus juste les difficultés rencontrées par les élèves et ainsi, mieux comprendre les habiletés visuo-spatiales qu'ils ont utilisées. Parmi les 12 activités proposées aux élèves, les activités numéro 3, 5, 8, 9, 10 et 12 sont plus concluantes, puisqu'elles permettent de discerner des difficultés plus frappantes qui émanent des conduites des élèves :

- Activité 3 : Difficulté à identifier une forme si l'orientation spatiale de la forme initiale et de la forme finale n'est pas la même.
- Activité 5 : Difficulté à identifier une forme à quatre côtés, parmi un ensemble incluant des triangles et un quadrilatère.
- Activité 8 : Difficulté à distinguer le périmètre et l'aire d'une forme géométrique.
- Activité 9 : Difficulté à se représenter mentalement une forme finale selon un axe de symétrie.
- Activité 10 : Difficulté à justifier un raisonnement expliquant deux formes semblables.
- Activité 12 : Difficulté à effectuer mentalement une transformation géométrique, telle qu'une rotation, difficulté d'abstraire.

Le dépistage de ces difficultés permet d'identifier les habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves, mais aussi de distinguer et d'analyser les différentes compréhensions de ces derniers quant à l'espace. Ainsi, il est possible de comparer la compréhension et le raisonnement des élèves avec le modèle théorique de Van Hiele, selon ses différents objets de pensée et ses niveaux.

4.3.2 Interprétation des habiletés visuo-spatiales utilisées

À la lumière des résultats recensés, la principale habileté visuo-spatiale utilisée par les élèves est la visualisation. Manifestement, lorsqu'ils peuvent se fier à ce qu'ils voient, lorsqu'ils peuvent manipuler un solide ou lorsqu'ils doivent traiter une forme géométrique bidimensionnelle, ils ont davantage de facilité à émettre une réponse. Par contre, même s'ils ont davantage de facilité à énoncer une réponse par la visualisation, ces dernières ne sont pas nécessairement pourvues de sens mathématique ou correctement justifiées. D'autre part, comme il s'agit de la stratégie associée au tout premier niveau du développement de la pensée géométrique de Van Hiele, alors que les élèves à l'étude sont inscrits en mathématiques de troisième secondaire, force est de constater que les élèves ne semblent pas être habiletés à visualiser adéquatement les formes ou les solides dans l'espace.

De plus, dès que les caractéristiques des formes géométriques et le raisonnement sont nécessaires à la compréhension d'une activité, même s'ils ont une représentation visuelle, nos élèves semblent dépassés par la tâche. En ce sens, la compréhension du sens spatial des formes et des objets qui les entourent, exigeant notamment une capacité d'abstraction et d'imagerie mentale chez les élèves, amène également son lot de confusions. Nos élèves n'arrivent pas, par exemple, à se représenter le développement d'un solide ou à considérer les caractéristiques d'une classe de figures, comme les quadrilatères. Ce pourquoi les habiletés visuo-spatiales utilisées et les stratégies mises de l'avant ne sont pas efficientes pour les élèves.

Ces lacunes, en lien avec les habiletés visuo-spatiales, font émerger un nouveau questionnement. En considérant que l'aspect visuel et l'apprentissage des noms des formes géométriques sont normalement acquis au début du primaire (MELS, 2009), quel facteur peut bien expliquer cette difficulté importante chez certains élèves à utiliser des habiletés visuo-spatiales allant au-delà de la visualisation ? Afin de permettre de mieux comprendre certaines limites de l'apprentissage des habiletés visuo-spatiales chez les élèves, les études de cas de cette recherche permettent l'identification de difficultés liées au sens spatial.

4.3.3 Interprétation des difficultés liées au sens spatial

En appuyant notre analyse sur les résultats obtenus, il est possible de relever que la majorité des élèves ont des habiletés visuo-spatiales inefficaces. En effet, parmi les activités, l'une des principales difficultés relève du fait que les élèves ne sont pas en moyen de quitter l'aspect concret et visuel d'une forme pour y appliquer un raisonnement abstrait. Il s'agit là d'une difficulté déjà relevée par Parzysz (1991), lorsqu'il a soulevé la relation fondamentale entre l'espace physique et l'espace abstrait dans l'apprentissage du sens spatial.

Par exemple, à l'activité numéro 9, lorsque l'on demande de déterminer la figure finale au moment où le papier sera déplié, certains élèves n'arrivent pas à concevoir la pliure, puisque la feuille, sur laquelle est imprimée l'activité elle-même, n'est pas pliée. Aussi, les élèves demandent fréquemment de pouvoir utiliser papier et crayons afin de dessiner ou de calculer, puisqu'ils ne parviennent à se représenter mentalement une forme bidimensionnelle ou tridimensionnelle. Ces difficultés liées à l'abstraction peuvent influer sur l'apprentissage de la géométrie en troisième secondaire, entre autres lorsqu'il est question de perspective, de différentes vues ou du développement d'un solide. Finalement, cet écart significatif entre la compréhension du sens spatial et le niveau scolaire des élèves vient également mettre en lumière que de réelles difficultés au niveau des habiletés visuo-spatiales sont préoccupantes pour la réussite des mathématiques chez ces élèves.

Dans un autre ordre d'idée, la recension des résultats permet aussi d'observer que les élèves ont de la difficulté à généraliser et transférer leurs connaissances en mathématiques. Comme Radford (2004) l'a mentionné, certains apprenants n'arrivent pas à généraliser et à transférer des apprentissages lorsqu'ils sont très catégorisés. Par exemple, parmi les activités proposées, nous avons observé que certains élèves n'arrivent pas à transférer leurs connaissances en lien avec l'aire d'un rectangle, lorsque nous demandons de déterminer la surface à l'activité numéro 8. À ce moment, la stratégie du dénombrement est utilisée, parfois même à tort, puisque certains élèves dénombrent le périmètre plutôt que l'aire. Ainsi, il est possible d'observer que les élèves éprouvent certaines difficultés à généraliser et transférer les connaissances acquises dans un cours précis, à une situation décontextualisée.

Puis, des difficultés en lien avec les quatre capacités visuo-spatiales identifiées par Wessels et Van Niekerk en 1998 sont aussi observées. Selon ces chercheurs, les élèves doivent développer quatre capacités qui sont nécessaires à l'apprentissage du sens spatial, à savoir des capacités visuelles, verbales, tactiles et intellectuelles. Parmi ces quatre capacités, la capacité tactile est sans doute celle qui est la mieux utilisée chez nos élèves. Étant donné qu'ils sont au niveau 1 de Van Hiele, soit la visualisation, pour la plupart d'entre eux, la capacité à bâtir, découper et dessiner est bien utilisée, puisqu'il s'agit d'un moyen compensatoire qu'ils utilisent régulièrement.

Par contre, pour ce qui est de l'utilisation des capacités visuelles, verbales et intellectuelles, des difficultés marquées sont relevées. En effet, lorsque vient le temps d'observer un solide ou une forme, les élèves sont habiletés à le faire. Par contre, lorsqu'il s'agit de nommer ou de se représenter mentalement un solide ou une forme, de dessiner un solide ou d'effectuer son développement, les difficultés sont davantage présentes.

Puis, sur le plan de l'utilisation des capacités verbales, ils connaissent aussi des difficultés à justifier leur raisonnement. Lorsqu'ils émettent une réponse pour laquelle ils doivent expliquer les stratégies employées, ils font appel à leurs connaissances en lien avec la géométrie, mais ils ne sont pas capables d'expliquer les stratégies qu'ils mettent de l'avant pour émettre une telle réponse. C'est le cas à l'activité numéro 10, alors qu'ils doivent démontrer en quoi les triangles sont semblables. Ils semblent à court de mots pour justifier leur raisonnement ou leur compréhension quant aux formes et solides semblables. Par exemple, nous aurions apprécié qu'ils mentionnent que : « Ces triangles sont semblables, car le triangle DEF est simplement plus petit que le triangle ABC. »

D’autre part, l’utilisation des capacités intellectuelles est également problématique. Dès qu’il faut délaisser l’aspect concret d’une forme ou d’un solide, les élèves se représentent difficilement la structure par l’imagerie mentale. Lorsqu’ils doivent s’imaginer la rotation du cube à l’activité numéro 12 par exemple, aucune visualisation du mouvement ne semble effectuée. Le fait de se représenter mentalement un objet, une forme ou un solide est difficile, puisqu’ils n’arrivent pas à faire abstraction de ce qu’ils voient. Aussi, les capacités intellectuelles, telle que la représentation mentale d’une transformation géométrique exige des élèves une bonne compréhension des caractéristiques des formes et des solides, ainsi que de leur orientation dans l’espace. Par exemple, ils doivent comprendre qu’un carré, qu’il soit appuyé sur un côté ou qu’il soit appuyé sur un sommet, il demeure un carré.

Pour terminer, notre analyse permet aussi d’identifier des difficultés liées au langage utilisé en géométrie, comme l’a mentionné Perray dans son mémoire en 2012. Certains termes, tels que *semblable*, *coupe transversale*, *angle* ou *surface*, ne sont pas facilement compris par les élèves. De plus, la distinction entre les termes *mesure*, *périmètre* et *aire* n’est pas acquise chez tous les élèves. Nous constatons donc que le vocabulaire utilisé en géométrie, parfois même depuis plusieurs années, n’est pas bien maîtrisé par les élèves.

En somme, l’interprétation des résultats permet de discerner les types d’habiletés visuo-spatiales utilisés chez les élèves, mais aussi de saisir certaines difficultés marquées en lien avec le développement de la pensée géométrique, tel que décrit par Van Hiele. Ces dernières nuisent à l'acquisition et à la compréhension du sens spatial chez les élèves. En ce sens, les difficultés éprouvées par les élèves rendent difficile la réussite des mathématiques de troisième secondaire, surtout lorsqu'elles n'ont pas fait l'objet d'un enseignement individualisé ou d'interventions orthopédagogiques au primaire. Ainsi, l'écart entre les attentes du ministère et les apprentissages réels faits en mathématiques par les élèves se creusent, tout comme c'est le cas pour les élèves participants à l'étude.

Chapitre 5

Discussion

5.1 Discussion des résultats

Globalement, les habiletés visuo-spatiales utilisées et la recension des difficultés rencontrées par les élèves permettent de réfléchir sur la portée de cette recherche dans le domaine de l'orthopédagogie au secondaire. D'abord la validation de cet outil d'évaluation auprès d'une autre clientèle, à savoir les élèves du régulier, permettrait d'explorer les habiletés visuo-spatiales normalement développées et utilisées par les élèves du secondaire. Cette validation pourrait également nous pister vers la conception d'activités qui exigeraient aux élèves d'utiliser d'autres stratégies que la visualisation. Cette passation expérimentale viendrait aussi appuyer la sélection des activités à considérer dans la conception de l'outil d'évaluation. Tel que mentionné dans l'interprétation des résultats, certaines activités sont plus significatives que d'autres. Il serait donc justifié de valider les activités incontournables à conserver et celles devant être repensées. D'autre part, l'expérimentation de situations d'enseignement du sens spatial, auprès ces deux types de clientèle, rendrait également possible l'identification d'interventions orthopédagogiques à promouvoir chez les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques.

Étant donné les difficultés marquées pour les élèves à développer des habiletés visuo-spatiales allant au-delà de la visualisation, cette étude nous permet également de nous questionner sur les défis liés à l'intervention orthopédagogique à préconiser, afin d'offrir un soutien adéquat à cette clientèle. Certaines intuitions émanent aussi en ce sens, en ce qui concerne le type d'activités permettant de développer de nouvelles habiletés visuo-spatiales efficaces. En appuyant l'élaboration de ces activités sur les recherches de différents auteurs, tels que Parzysz (1989; 1991), Wessels et Van Niekerk (1998), Detheux-Jehin et Chenu (2000) et Van de Walle et Lovin (2008), nous pourrions favoriser le passage du concret vers l'abstrait en tenant compte de l'apprentissage du sens spatial. Ainsi, des activités graduées, allant de la manipulation d'une forme en deux dimensions à l'abstraction d'un solide en trois dimensions, pourraient assurer la progression et le transfert des habiletés visuo-spatiales dans des situations décontextualisées. Il s'agit là d'une perspective de recherche à considérer pour permettre la progression et le développement d'habiletés visuo-spatiales efficaces.

5.2 Les apports et les limites de cette recherche

En premier lieu, cet essai a permis de développer un outil d'évaluation en orthopédagogie afin d'identifier les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques au secondaire, mais aussi de relever les difficultés qu'ils rencontrent. En ce sens, le modèle théorique de Van Hiele rend possible la compréhension des difficultés liées à l'apprentissage du sens spatial, nous permettant ainsi de réfléchir à l'élaboration d'interventions orthopédagogiques pour soutenir ces élèves.

En second lieu, cette étude comporte également des limites qu'il est essentiel d'identifier. D'abord, il est important de soulever qu'en aucun temps les élèves n'ont pu utiliser la calculatrice, un papier ou un crayon afin de réaliser une activité. Étant donné que le sujet d'étude concernait le sens spatial et la compréhension que les élèves en ont, si l'un ou l'autre de ce matériel avait été permis, les élèves auraient pu se représenter une forme ou un solide visuellement. Il aurait donc été impossible de vérifier si les élèves étaient habiletés à se représenter une forme ou un solide mentalement. Il s'agit d'une limite de cette recherche, puisque si ce matériel avait été permis, certains élèves auraient peut-être fait preuve de meilleures conduites.

D'un autre côté, étant donné certaines difficultés liées au langage et au vocabulaire lorsque les élèves devaient justifier leur raisonnement, il aurait pu être pertinent d'avoir quelques activités demandant aux élèves de se représenter visuellement, à l'aide d'un dessin, leur raisonnement. Par exemple, la réalisation de certaines transformations géométriques ou développements de solides aurait sans doute permis l'observation de nouvelles conduites chez les élèves.

Finalement, comme les entrevues avec les élèves se sont réalisées à l'école, certains stimulus externes ont pu déconcentrer les élèves à divers moments dans la rencontre, par exemple lors des battements de cours ou lorsque la cloche sonnait.

Conclusion

La conclusion de cet essai présente une synthèse de l'ensemble de la problématique entourant les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques au secondaire. Par l'analyse de ces études de cas, il a été possible d'observer les habiletés visuo-spatiales utilisées par les élèves, mais également de recenser les difficultés rencontrées par ces derniers. Si les études de Parzysz (1991), Perray (2012), Van Hiele (1959), Wessels et Van Niekerk (1998) ont permis de discerner les fondements de l'apprentissage de la géométrie, ils ont également servi d'assise à la présente recherche. Bien que des recherches traitent de la géométrie et du sens spatial, peu d'entre elles se sont intéressées spécifiquement aux habiletés visuo-spatiales utilisées par ces élèves. En effet, cet essai a permis de préciser les habiletés visuo-spatiales utilisées, de même les difficultés liées au concept du sens spatial chez les élèves ayant des difficultés d'apprentissage en mathématiques au secondaire.

De façon plus précise, l'identification des cinq stratégies les plus fréquemment utilisées, soit l'essai et erreur, le dénombrement, le sens spatial, la visualisation et le raisonnement, a permis de conclure que la visualisation, l'aspect visuel et l'espace physique sont la pierre angulaire de l'apprentissage de la géométrie chez les élèves en difficulté. En effet, ils fondent leur raisonnement géométrique sur ce qu'ils voient, en éprouvant de réelles difficultés, par exemple, à se représenter mentalement un objet tridimensionnel. Ainsi, rendus au deuxième cycle du secondaire, l'écart entre la progression des apprentissages en mathématiques et les habiletés observables de ces élèves en géométrie devient préoccupant, tant pour les enseignants que pour les orthopédagogues et les élèves eux-mêmes. C'est pour cette raison, entre autres, que la portée de cette recherche devient significative, puisqu'elle pourra contribuer à faire avancer les méthodes d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques.

À la suite d'une telle démarche scientifique quant à l'exploration des habiletés visuo-spatiales utilisées chez les élèves ayant des difficultés d'apprentissage en mathématiques, il est possible d'affirmer avec justesse que ce type d'habiletés est un atout pour la réussite scolaire en mathématiques. Le développement et l'utilisation de ces habiletés sont nécessaires dès le début du parcours scolaire d'un enfant, afin d'assurer la progression de ses apprentissages en géométrie. De plus, tel que mentionné dans la problématique de cet essai, la géométrie est un domaine d'étude important en mathématiques et la réussite de celle-ci est nécessaire à l'obtention du diplôme d'études secondaires. Ainsi, il importe de tenir compte des conclusions de cette étude, afin de mieux intervenir auprès de ces élèves. C'est d'ailleurs dans cette optique d'intervention que l'identification des difficultés vécues par les élèves participants, de même que l'observation des stratégies utilisées par ceux-ci en géométrie, ont été réalisées. À cet effet, le portrait plus clair et plus précis des habiletés visuo-spatiales utilisées par ces élèves en difficulté d'apprentissage guidera notre pratique professionnelle, à l'égard de l'évaluation et des interventions orthopédagogiques à favoriser pour soutenir ces élèves.

En guise de conclusion, tel que mentionné dans la discussion, diverses interventions orthopédagogiques pourraient être réfléchies et envisagées afin d'offrir un soutien adéquat, qui répond aux besoins de ces élèves, quant au sens spatial. Selon le modèle d'interventions à trois niveaux (RAI), il pourrait s'agir d'interventions de niveau un, deux ou trois sur les habiletés visuo-spatiales devant être utilisées. En prenant en considération les difficultés relevées dans cette recherche et le type d'activités favorisant l'utilisation des habiletés visuo-spatiales, un programme de rééducation orthopédagogique, selon les objets et les niveaux de pensée de Van Hiele, pourrait être élaboré. Aussi, une démarche d'intervention en lien avec l'acquisition du vocabulaire mathématique pourrait également être conçue, afin de répondre aux difficultés liées à la compréhension du vocabulaire, identifiées dans l'analyse des résultats. L'élaboration de ces différentes interventions orthopédagogiques pourrait d'ailleurs faire l'objet d'une recherche future en lien avec les habiletés visuo-spatiales, à la suite de la validation de l'outil d'évaluation.

Références

Belkhodja, M. (2007). *La visualisation en géométrie dans trois et deux dimensions en tant que compétence à développer à l'école (Thèse de doctorat inédite).* Université Laval, Québec, QC.

Bergeron, G., et St-Vincent, L. A. (2011). L'intégration scolaire au Québec : regard exploratoire sur les défis de la formation à l'enseignement au primaire et préscolaire. *Éducation et francophonie, vol. 39*, 272-295.

Berthelot, R., et Brousseau, G. (Directeur de thèse). (1992). *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire*. France, Université de Bordeaux 1.

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

Berthelot, R., et Salin, M. H. (1999-2000). L'enseignement de l'espace à l'école primaire. *Grand N, vol. 65*, 37-59.

Bosson, M. S., Hessels, M. G. P., et Hessels-Schlatter, C. (2009). Le développement de stratégies cognitives et métacognitives chez des élèves en difficulté d'apprentissage. *Développements Marseille,* vol. 1, 14-20.

Breen, S., et O'Shea, A. (2010). Mathematical Thinking and Tasks Design. *Bulletin of the Irish Mathematical Society, Winter 2010, Issue 66*, 39-49.

Chamberland, G., Lavoie, L., et Marquis, D. (2003). *20 formules pédagogiques*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.

Champy, P., et Etévé, C. (2005). *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation*. 3e ed. Paris, Retz.

Clements, D. H., et Battista, M.T. (1992). Geometry and spatial reasoning. Dans Douglas A., et Grouws (dir). *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (420-464). New York, Macmillan Publishing Compagny.

Commission scolaire des Samares. (2013). *Taux de réussite en mathématiques à compter de la 2e année du 1er cycle du secondaire entre 2009 et 2011*. Gouvernement du Québec, Commission scolaire des Samares.

Connolly, A. (2008). *KeyMath™ 3 édition canadienne*. Toronto, NCS Pearson Education.

Crouail, A. (2008). *Rééduquer dyscalculie et dyspraxie : méthode pratique pour l'enseignement des mathématiques*. Issy-les-Moulineaux France : Elsevier Masson.

Desoete, A., Roeyers, H. et De Clercq A. (2004). Children with mathematics learning disabilities in Belgium. *Journal of Learning Disabilities, vol. 37*, 50–61
Detheux-Jehin, M., et Chenu, F. (2000). Comment évaluer le raisonnement géométrique ? *Cahier du service de pédagogie expérientale*, Université de Liège, 3-4.

Fortin, L., Royer, É., Potvin, P., Marcotte, D. et Yergeau, É. (2004). La prediction du risque de décrochage scolaire au secondaire : facteurs personnels, familiaux et scolaires. *Revue canadienne des sciences du comportements*, vol. 36 (3), 219-231.

Fortin, L., Marcotte, D., Diallo, T., Potvin, P. et Royer, É. (2012). A multidimensional model of school dropout from an 11-year longitudinal study in a general high school population. *European Journal of Psychology of Education*, 27(3).

Gaudreau, L., Legault, F., Brodeur, M., Hurteau, M., Dunberry, A., Séguin, S.-P. et Legendre, R. (2008). *Rapport d'évaluation de la politique de l'adaptation scolaire*. Gouvernement du Québec : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Institut de la statistique. (2013). *Naissances selon la scolarité et le groupe d'âge de la mère, Québec, 2006-2012*. Gouvernement du Québec, Institut de la statistique.

Janosz, M., LeBlanc, M., Boulerice, B., et Tremblay, R.E. (2000). Predicting different types of school dropouts a typological approach with two longitudinal samples. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 171-190.

Jordan, N. C. (2010, Juilet). Prédicteurs de réussite et de difficultés d'apprentissage en mathématiques chez le jeune enfant. *Encyclopédie sur le développement des jeunes enfants*. Montréal, Québec, Centre d'excellence pour le développement des jeunes enfants, 1-7. Repéré à http://www.enfant-encyclopedie.com/documents/JordanFRxp.pdf.

Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. 3e ed. Montréal, Guérin.

Lemoyne, G., et Lessard, G. (2003). Les rencontres singulières entre les élèves présentant de difficultés d'apprentissage en mathématiques et leurs enseignants. *Éducation et francophonie, vol. 31*, 13-44.

Marchand, P. (2006). *La géométrie, tout un sport ! (Thèse de doctorat inédite)*. Montréal, Éditions Bande Didactique.

Marchand, P. (2009). Le développement du sens spatial au primaire. Bulletin de l'Association mathématique du Québec, vol. 49 - n°3, 63-79.

Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (MELS). (2006). *Programme de formation de l'école québécoise : enseignement secondaire.* Gouvernement du Québec, MELS.

Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (MELS). (2009). *Progression des apprentissages au primaire : Mathématique*. Gouvernement du Québec, MELS.

Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (MELS). (2011a). *Progression des apprentissages au secondaire*. Gouvernement du Québec, MELS.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2011b). *Référentiel d'intervention en lecture pour les élèves de 10 à 15 ans*. Gouvernement du Québec, MELS.

Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (MELS). (2011c). *Taux de décrochage annuel 2009-2010*. Gouvernement du Québec, MELS.

Ministère de l'Éducation du Loisirs et du Sport (MELS). (2012). *Indice de défavorisation 2011-2012*. Gouvernement du Québec, MELS.

Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ). (1999). *Une école adaptée à tous ses élèves : Plan d'action en matière d'adaptation scolaire.* Gouvernement du Québec, MEQ.

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

National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and Standards for School Mathematics.* Reston, VA : National Council of Teachers of Mathematics.

Parzysz, B. (1989). *Représentations planes et enseignement de la géométrie de l'espace au lycée. Contribution à l'étude de la relation Voir/Savoir (Thèse de doctorat inédite)*. Paris : Université Paris VII.

Parzysz, B. (1991). Espace, Géométrie et Dessin. Une ingénierie didactique pour l'apprentissage, l'enseignement et l'utilisation de la perspective parallèle au lycée. *Recherches en didactiques des mathématiques*, 11, no 23, 211-240.

Perray, E. (2012). *Les difficultés de compréhension du sens géométrique des mots polysémiques : l'exemple du mot sommet (Mémoire de maîtrise inédit)*. Université d'Orléans, IUFM Centre Val de Loire, Orléans.

Piaget, J., et Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris, Presses Universitaires de France, édition 1977.

Radford, L. (2004). La généralisation mathématique comme processus sémiotique. Ontario, École des sciences de l'éducation, Université Laurentienne.

Raynal, F., et Rieunier, A. (2010). Pédagogie : Dictionnaire des concepts clés. Issy-les-Moulineaux Hauts-de-Seine, ESF éditeur.

Saint-Laurent, L., Giasson, J., Simard, C., Dionne, J. et Royer, É. (1995). *Programme d'intervention auprès des élèves à risque : une nouvelle option éducative*. Boucherville, Éditions Gaëtan Morin.

Shalev, R.S., Manor, O. et Gross-Tsur, V. (2005). Developmental dyscalculia: A prospective six-year follow-up. *Developmental Medicine and Child Neurology, vol. 47,* 21- 125.

Tardif, J. et Presseau, A. (2000). L'échec scolaire en Amérique du Nord : un phénomène insidieux pour un grand nombre d'enfants et d'adolescents. *Revue Française de Pédagogie, vol. 130,* 89-105.

Van de Walle, J. A., et Lovin, L. H. (2008). *L'enseignement des mathématiques : l'élève au centre de son apprentissage. Tome 2*. Québec, Éditions du Renouveau Pédagogique Inc. (ERPI)

Van Nieuwenhoven, C. et De Vriendt, S. (2010). *L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques : Pistes de diagnostic et supports d'intervention.* Marseille, Solal éditeur.

Wessels, D. et Van Niekerk, R. (1998). *Semiotic models and the development of secondary spatial knowledge*. Short oral communication presented during PME 22, Stellenbosch, South Africa.

Whitten, E., Esteves K.J. et Woodrow, A. (2012). *La réponse à l'intervention, un modèle efficace de différenciation*. Montréal, Chenelière Éducation.

Dictionnaire :
Le Petit Robert 1. (2003). Paris, France: Le Robert.

Appendice A

Lettre d’information adressée à l’élève et aux parents

Appendice B

Formulaire de consentement de l’élève

Appendice C

Formulaire de réponses de l’élève

Appendice D

Questionnaire des 12 activités

en lien avec les habiletés visuo-spatiales utilisées au secondaire

Appendice E

Portrait de chacun des élèves

Appendice F

Tableau synthèse du questionnaire – Compilation par élève

Appendice G

Tableau synthèse du questionnaire – Compilation par activité

Appendice H

Tableau synthèse du questionnaire – Compilation des résultats

selon les quatre premiers niveaux de Van Hiele

Appendice I

Attestations du certificat d’éthique

Université du Québec à Trois-Rivières
Savoir. Surprendre.

LETTRE D'INFORMATION

Bonjour,

Je m'appelle Marie-Pier Gravel et je suis étudiante à la maîtrise en éducation, concentration orthopédagogie. Je désire faire une étude sur ***Les habiletés visuo-spatiales utilisées chez des élèves en difficulté en mathématiques.*** Ta participation à cette recherche serait grandement appréciée.

Objectifs

Par cette étude, je veux vérifier les difficultés rencontrées par les élèves dans l'apprentissage du sens spatial, en géométrie, et analyser les habiletés visuo-spatiales utilisées par ces élèves.

J'aimerais pouvoir mieux comprendre et documenter les types de difficultés visuo-spatiales des élèves, afin de pouvoir cibler des pistes d'intervention efficaces et les aider dans leur réussite.

Le but de cette lettre d'information est de t'aider à comprendre ce qu'implique ta participation à la recherche pour que tu puisses prendre une décision éclairée. Il est donc important que tu prennes le temps de la lire attentivement et n'hésite pas à poser toutes questions qui te viennent en tête afin de décider si tu acceptes de participer à cette étude.

Tâche

Ta participation à ce projet de recherche consistera à :

- Participer à une rencontre individuelle d'environ 60 minutes
- La rencontre se tiendra au moment le plus approprié pour toi durant ta présence à l'école, soit sur les heures de classe, le midi, avant ou après les cours avec l'approbation de ton enseignant.
- Tu devras répondre à 12 activités, qui touchent le domaine de la géométrie, de la visualisation spatiale, et ce, au meilleur de tes connaissances. Ces activités dureront deux à trois minutes chacune. Tu disposeras de cinq minutes maximum par activité.
- Durant les activités, diverses tâches te seront demandées, comme identifier des figures, nommes des caractéristiques de figures, comparer des figures ou visualiser.

Risques, inconvénients, inconforts

1. Une confidentialité totale est assurée, seulement moi et toi aurons accès à ces informations.
2. Le temps consacré à cette étude peut être un inconvénient, mais la chercheuse mettra tout en place pour que ta participation ait lieu au meilleur moment pour toi.
3. Étant donné les difficultés que tu connais en géométrie, il se peut que les tâches qui te seront demandées ne soient pas plaisantes pour toi.

Bénéfices

1. Ta participation à l'avancement des connaissances scientifiques et l'occasion de réfléchir sur les habiletés visuo-spatiales que tu utilises sont des avantages pour toi.

Compensation ou incitatif

Ta participation à cette recherche n'est pas rémunérée, sous aucune forme.

Confidentialité

Les données recueillies par cette étude sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à ton identification. Ta confidentialité sera assurée, parce que ton nom sera remplacé par un numéro. Ainsi, les résultats de la recherche qui seront diffusés ne permettront pas de t'identifier. De plus, les réponses à cette étude seront conservées dans le dossier de la chercheuse, donc personne n'y aura accès.

Participation volontaire

Ta participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Tu es libre de participer ou non, de refuser de répondre à certaines questions ou de te retirer en tout temps.

Ta participation est importante.
Merci beaucoup

Question ou plainte concernant l'éthique de la recherche

Cette recherche est approuvée par le comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Trois-Rivières et un certificat portant le numéro CER-14-201-07.06 a été émis le 14 mai 2014.

Pour toute question ou plainte d'ordre éthique concernant cette recherche, tu peux communiquer avec la secrétaire du comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières, par téléphone (819) 376-5011, poste 2129 ou par courrier électronique CEREH@uqtr.ca. Sinon, il est aussi possible d'aller consulter la chercheuse à l'école et tes parents peuvent également entrer en contact avec elle.

Marie-Pier Gravel
Étudiante-chercheuse
Université du Québec à Trois-Rivières

Pascale Blouin
Directrice de recherche
Professeure au département d'Éducation
Université du Québec à Trois-Rivières

Sylvain Vermette
Co-directeur de recherche
Professeur au département d'Éducation
Université du Québec à Trois-Rivières

Université du Québec
à Trois-Rivières
Savoir. Surprendre.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Engagement de la chercheuse

Moi, Marie-Pier Gravel, je m'engage à procéder à cette étude conformément à toutes les normes éthiques qui s'appliquent aux projets comportant la participation de sujets humains.

Consentement de l'élève et du parent ou tuteur

Nous, ____ (participant) et ____ (parent ou tuteur), confirmons avoir lu et compris la lettre d'information au sujet du projet ***Les habiletés visuo-spatiales utilisées chez des élèves en difficulté en mathématiques.***

Nous avons bien saisi les conditions, les risques et les bienfaits éventuels de cette participation. On a répondu à toutes nos questions à notre entière satisfaction. Nous avons disposé de suffisamment de temps pour réfléchir à notre décision de participer ou non à cette recherche. Nous comprenons que cette participation est entièrement volontaire et que je peux/que mon enfant peut décider de me/se retirer en tout temps, sans aucun préjudice.

Nous acceptons donc librement de participer à ce projet de recherche.

Nom de l'élève : ____

Signature de l'élève : ____

Nom d'un parent ou tuteur : ____

Signature du parent ou tuteur : ____

Date : ______________________________

Nom de la chercheuse : ____

Signature de la chercheuse : ____

Date : ______________________________

Les habiletés visuo-spatiales utilisées au secondaire

Formulaire de consignation des réponses de l'élève

Nom de l'élève :

Âge :

DDN :

Niveau scolaire inscrit :

Niveau scolaire en mathématiques :

Plan d'intervention actif :

Cueillette de données auprès de l'élève

1. Quel a été ton cheminement scolaire en mathématiques au cours de tes études secondaires ? (reprises, échecs, cours d'été, etc.)

____

____

____

____

____

2. Qu'est-ce que tu trouves le plus difficile en mathématiques ?

- Te considères-tu fort, moyen ou faible en mathématiques ?
- As-tu l'impression de donner un effort suffisant, de t'investir en mathématiques ?
- Est-ce que les mathématiques sont ta seule activité où tu connais des difficultés ?

____

____

____

____

____

____

3. Quels ont été tes résultats scolaires en mathématiques ? (Vérifier auprès de l'élève et prendre les informations disponibles dans le dossier d'aide.)

____

____

____

____

____

4. Durant ton parcours scolaire, as-tu bénéficié d'un soutien particulier : psychologue, suivi orthopédagogique, éducateur spécialisé, orthophonie, cours privés, etc. afin de t'aider dans tes études ? (Vérifier auprès de l'élève et prendre les informations disponibles dans le dossier d'aide.)

____

____

____

____

____

____

5. Quelles sont les évaluations professionnelles au dossier d'aide de l'élève ?

____

____

____

____

____

Réponses au questionnaire

Activité 1

Activité 2

Activité 3

Activité 4

Activité 5

Activité 6

Activité 7

Activité 8

Activité 9

Activité 10

Activité 11

Activité 12

Les habiletés visuo-spatiales au secondaire

Par : Marie-Pier Gravel

Étudiante à la maîtrise en éducation, concentration orthopédagogie

Université du Québec à Trois-Rivières

Réalisé en Février 2014

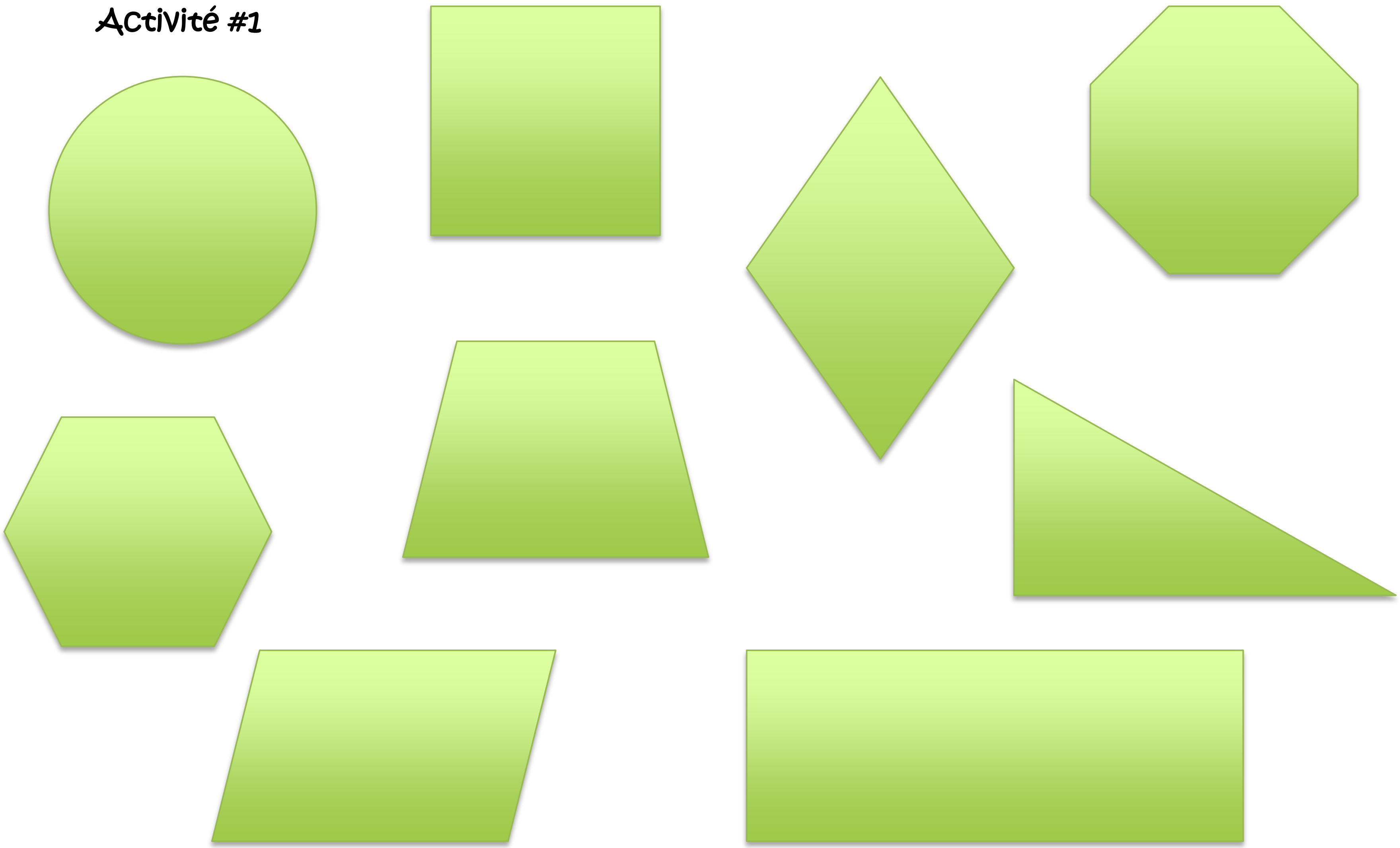
Le document suivant a été conçu afin de répondre à deux objectifs spécifiques :

- Évaluer le niveau d'habiletés visuo-spatiales acquis
- Identifier les difficultés rencontrées en géométrie

L'ensemble des activités présentées a été inspiré par l'évaluation complète et normative KeyMath™ 3, édition canadienne de Pearson Canada Assessment Inc. Pour se faire, 12 des 35 activités du sous-test Géométrie ont été reprises et adaptées afin de permettre l'évaluation et l'observation des habiletés visuo-spatiales chez les élèves en difficultés en mathématiques au 2^{e} cycle du secondaire.

Les activités suivantes ont été organisées d'après les cinq niveaux du modèle théorique de Van Hiele. Ainsi, elles ont été créées et graduées selon l'évolution attendue de la compréhension du sens spatial et de la géométrie, telle qu'inscrite dans la progression des apprentissages du MELS.

Activité #1



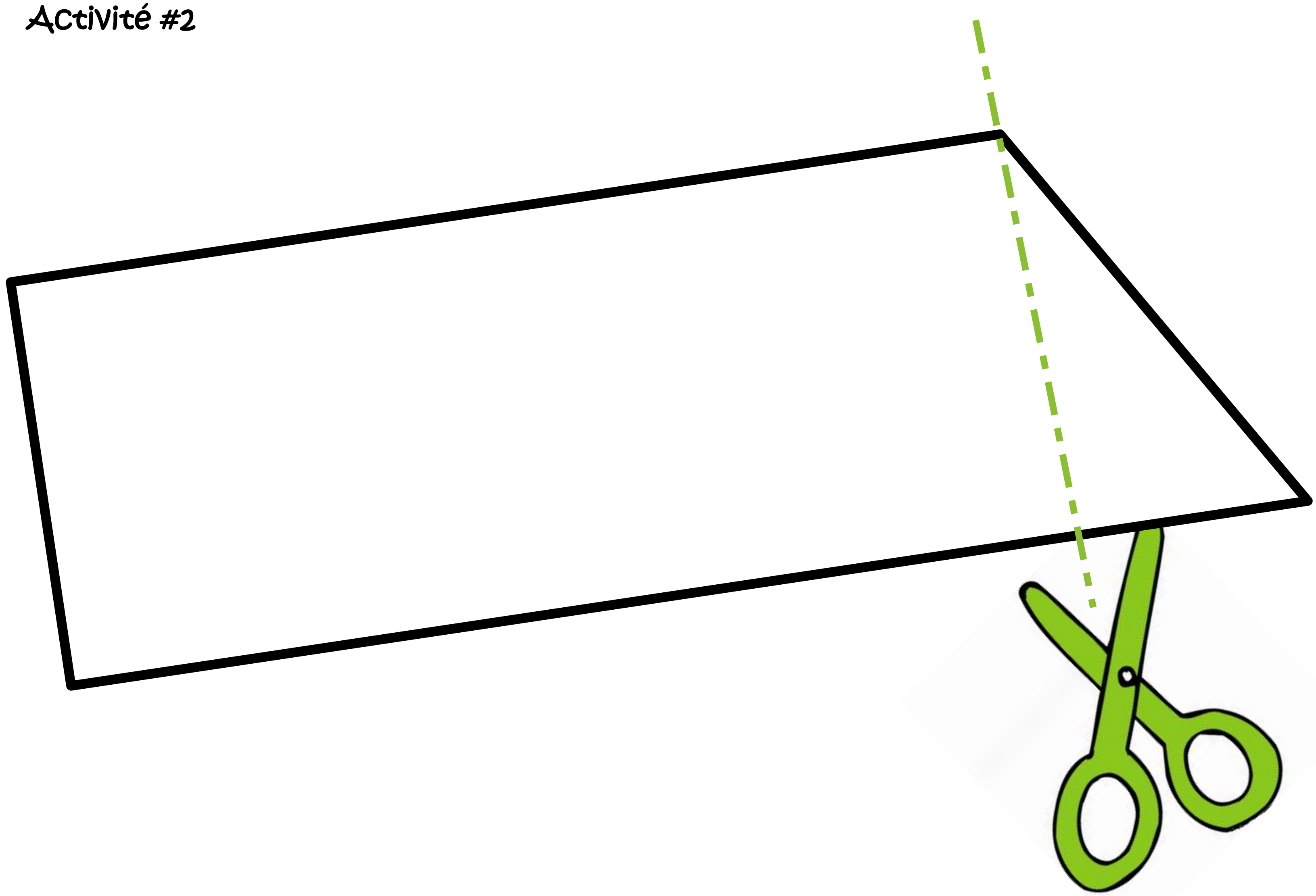
Activité #1 – La Visualisation

Consignes d'administration :

- Montre-moi du doigt la forme qui correspond à un trapèze.

- Montre-moi l'octogone du doigt

Activité #2



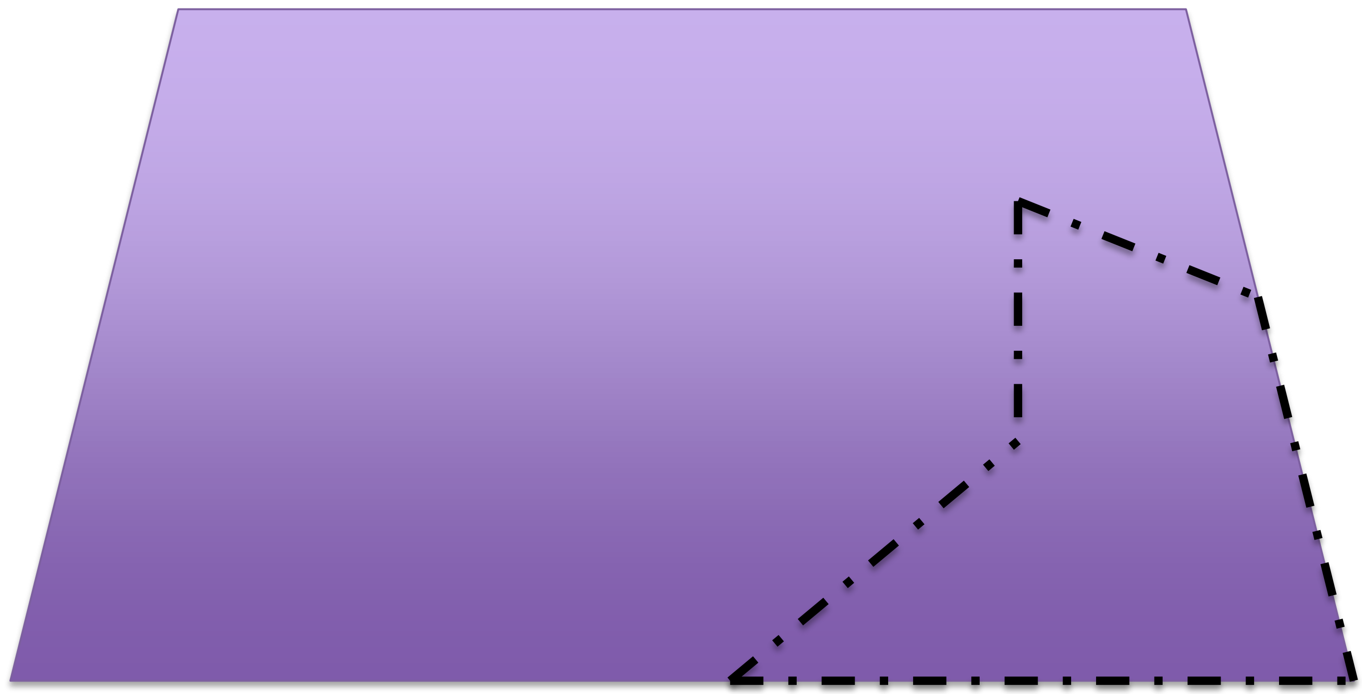
Activité #2 – La Visualisation

Consignes d'administration :

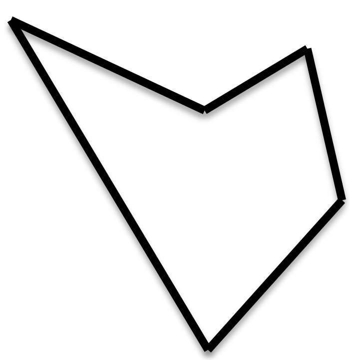
- Après avoir coupé cette figure le long de la ligne rouge pointillée, quelles sont les deux figures qu'on obtiendra ?

    - Réponse : Un triangle et un rectangle

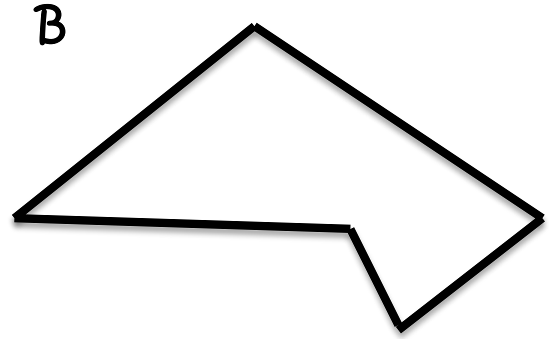
Activité #3



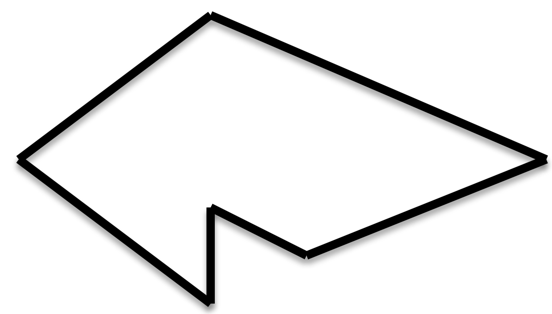
A



B



C



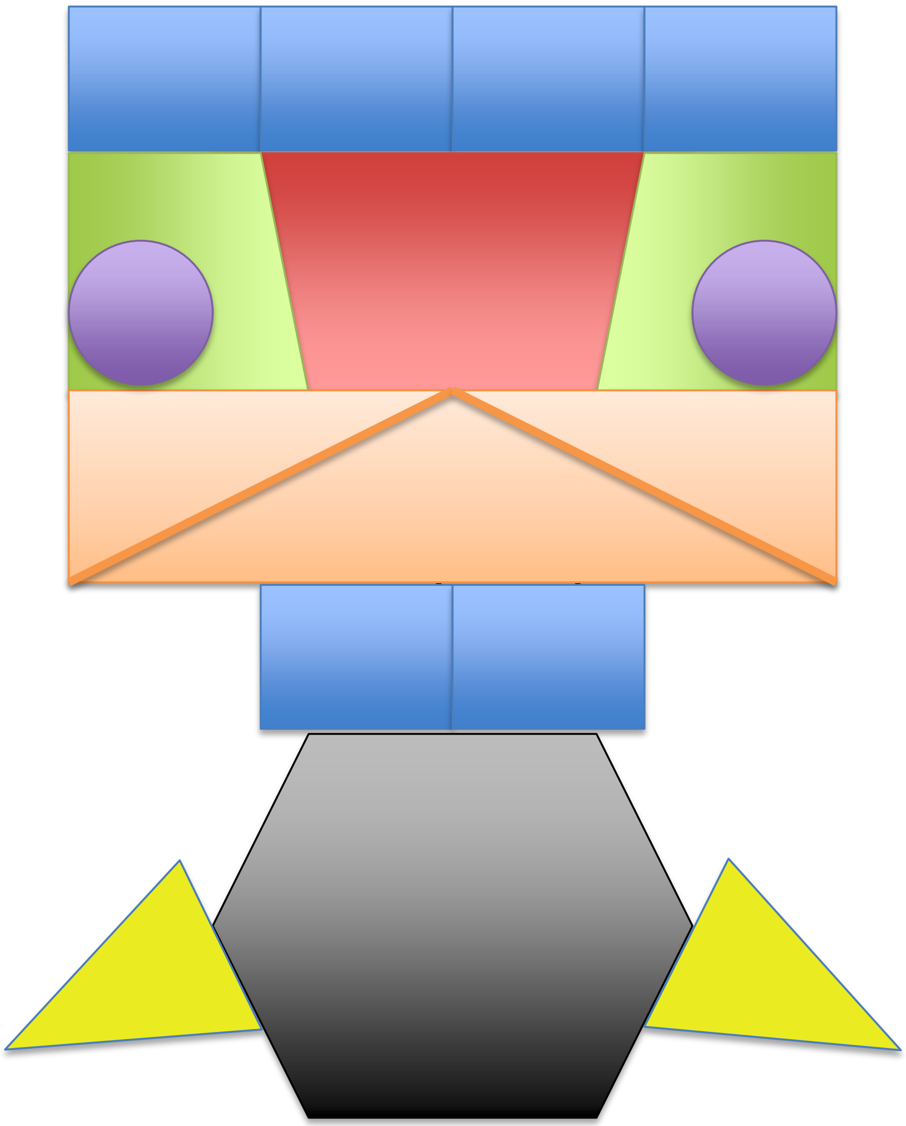
Activité #3 – Visualisation

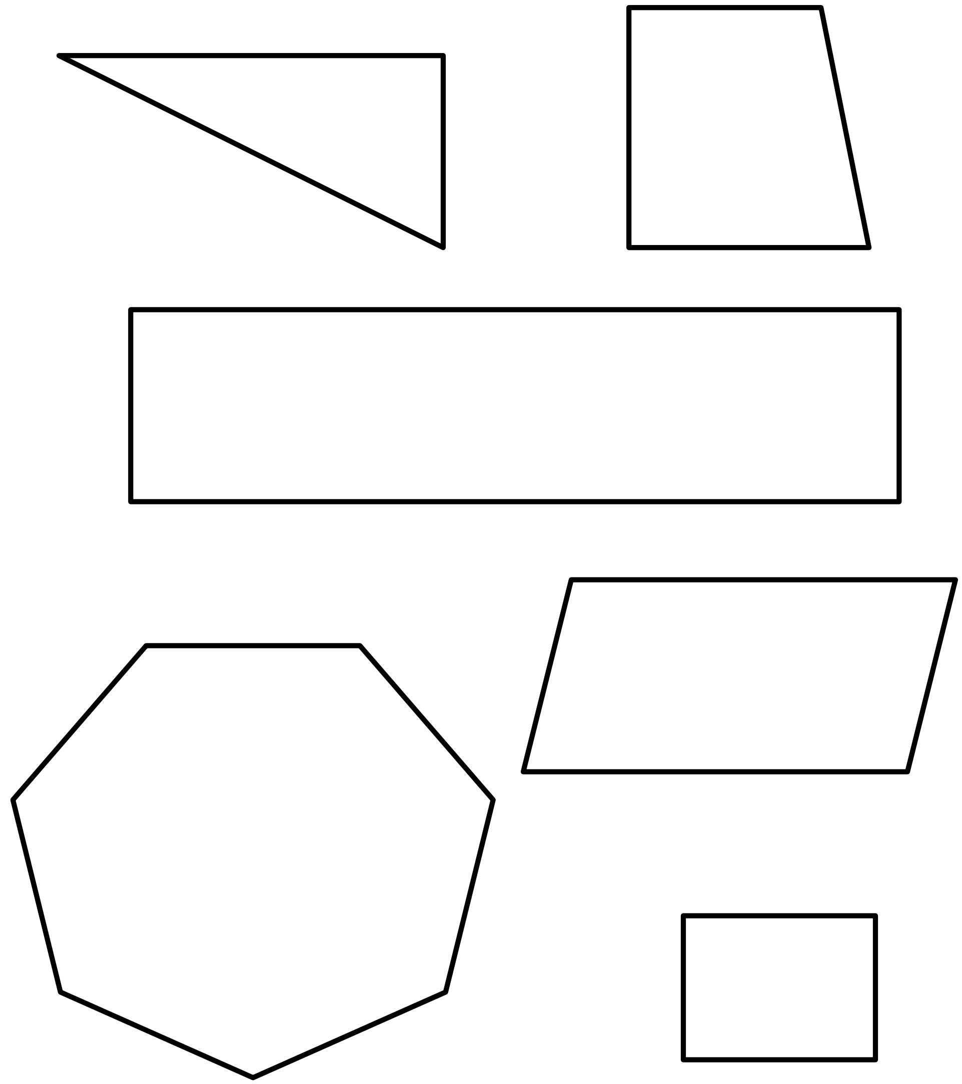
Consignes d'administration :

- Si la partie pointillée de cette figure est découpée, nomme-moi la lettre du morceau qui permettrait de remplir cette section.

    - Réponse : A

Activité #4





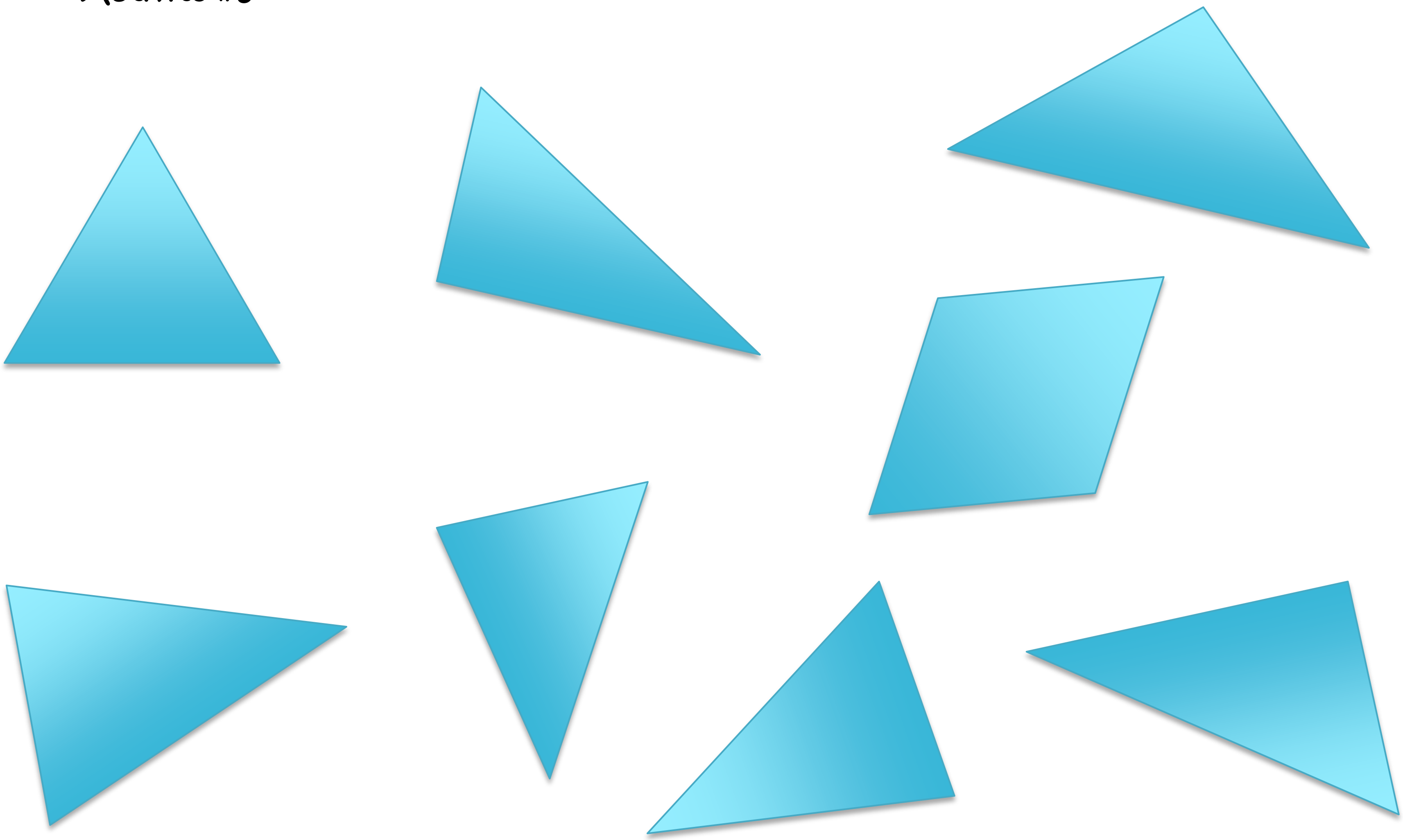
Activité #4 – Analyse

Consignes d'administration :

- Quelles sont les formes géométriques qui se trouvent dans le gros dessin en couleur ?
    - (Au besoin, spécifier à l'élève que les lignes délimitent les formes.)

    - Réponse : Triangle (orange), trapèze (vert), cercle (mauve) et petit rectangle (bleu).

Activité #5



Activité #5 – Analyse

Consignes d'administration :

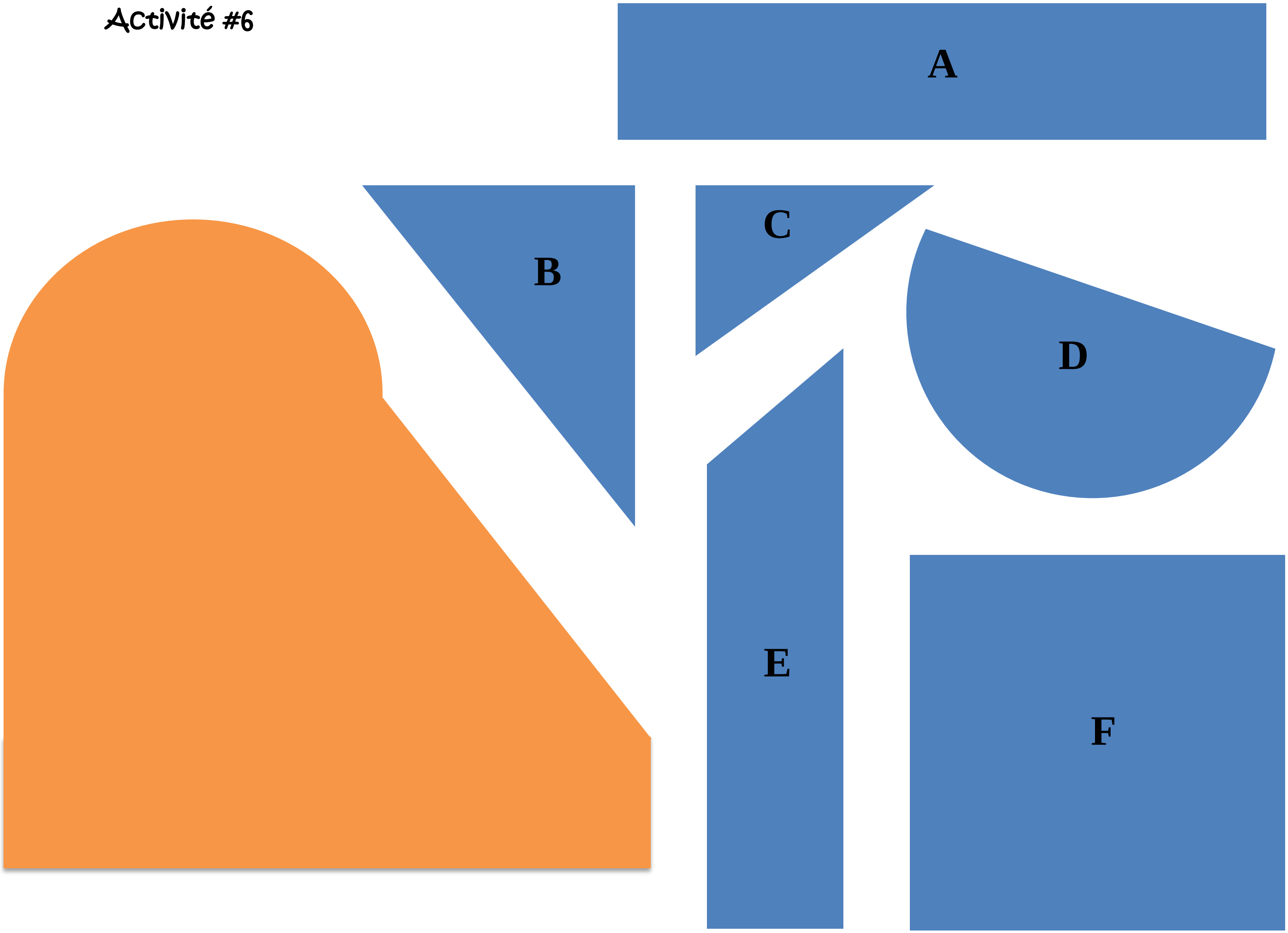
- Montre-moi du doigt la figure qui ne va pas avec les autres figures de ce groupe.

  - Réponse : L'élève devrait montrer ou nommer le parallélogramme (ou le losange).

- Pourquoi dis-tu qu'elle est différente ?

  - Réponses :
    - C'est la seule figure (ou forme) à quatre côtés.
    - Elle n'a pas trois côtés.

Activité #6



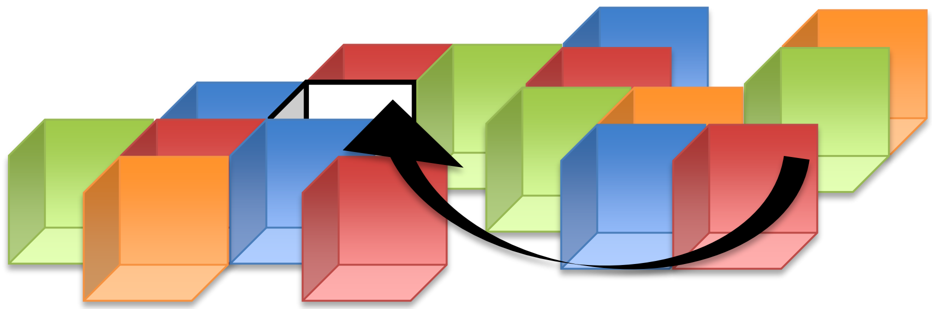
Activité #6 – Analyse

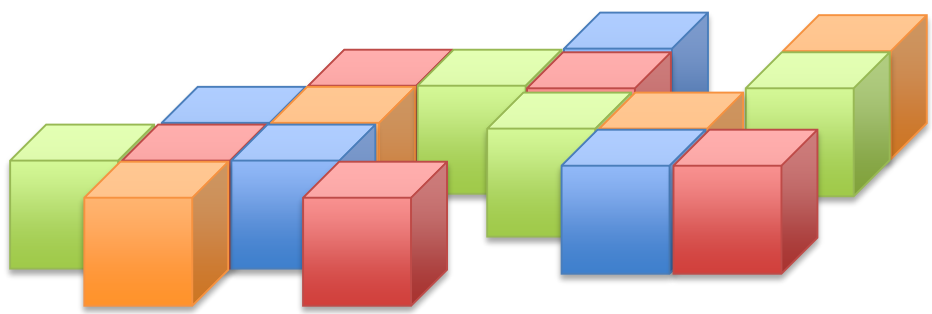
Consignes d'administration :

- Quelles sont les quatre figures bleues qu'on doit assembler pour couvrir exactement la figure orange ?

  - Réponse : A-B-D et F

Activité #7





Activité #7 – Déduction formelle

Consignes d'administration :

- Les cubes du haut ont été tournés la face vers le bas afin d'être empilés sur les cubes du bas. Cependant, l'image du cube blanc en haut n'est pas coloriée.

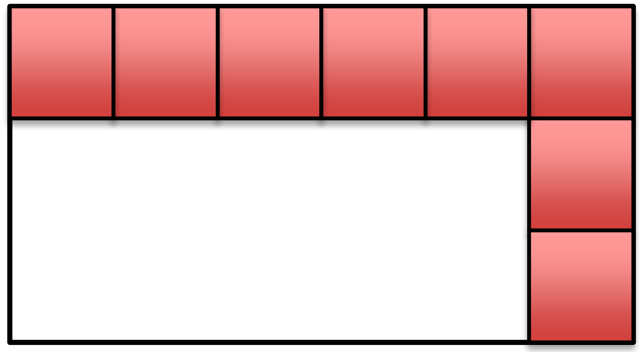
- Sachant que chacun des cubes doit conserver sa position pour être empilé parfaitement, de quelle couleur ce cube devrait-il être ?

  - Réponse : Orange

Activité #8

6

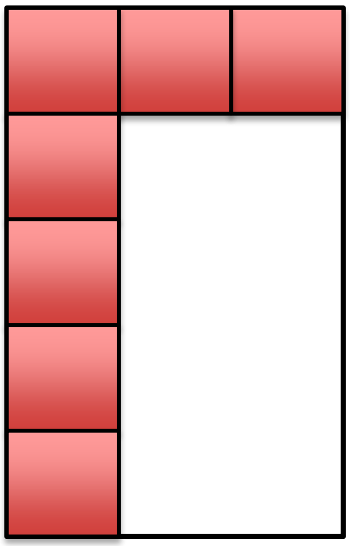
3



A

3

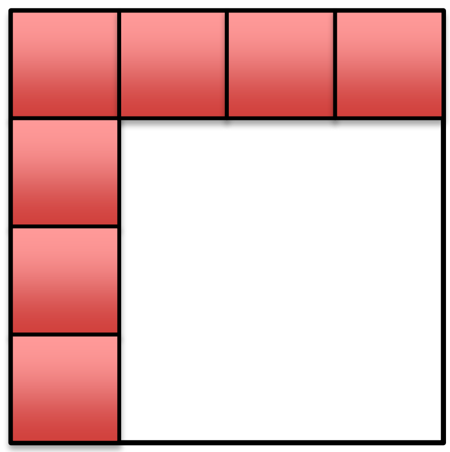
5



B

4

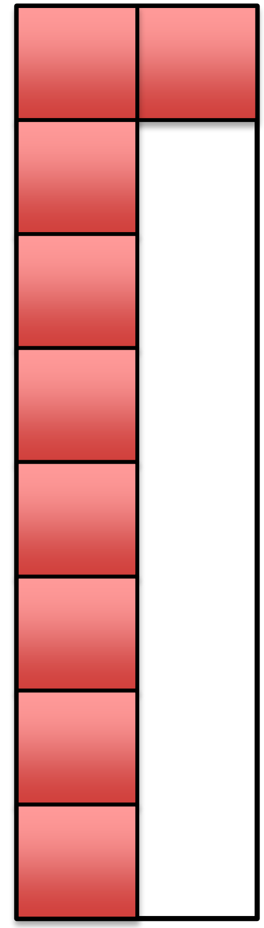
4



C

2

8



D

Activité #8 – Déduction formelle

Consignes d'administration :

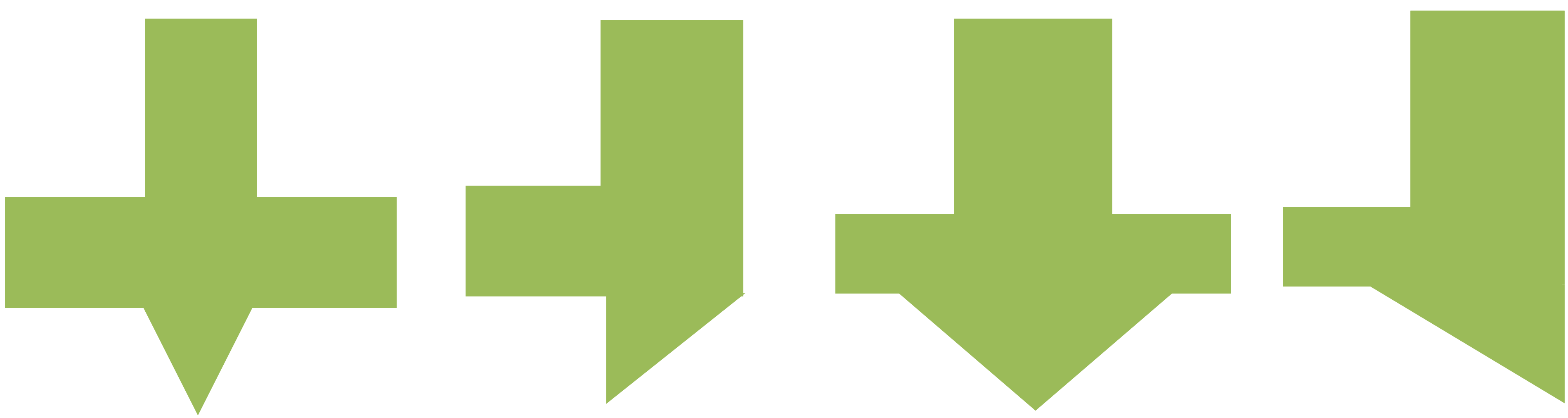
- Voici quatre figures : A, B, C et D.

- Quelle figure aura le plus de carrés rouges quand elle sera remplie complètement ?

  - Réponse : A

Activité #9

A B C D



Activité #9 – Déduction formelle

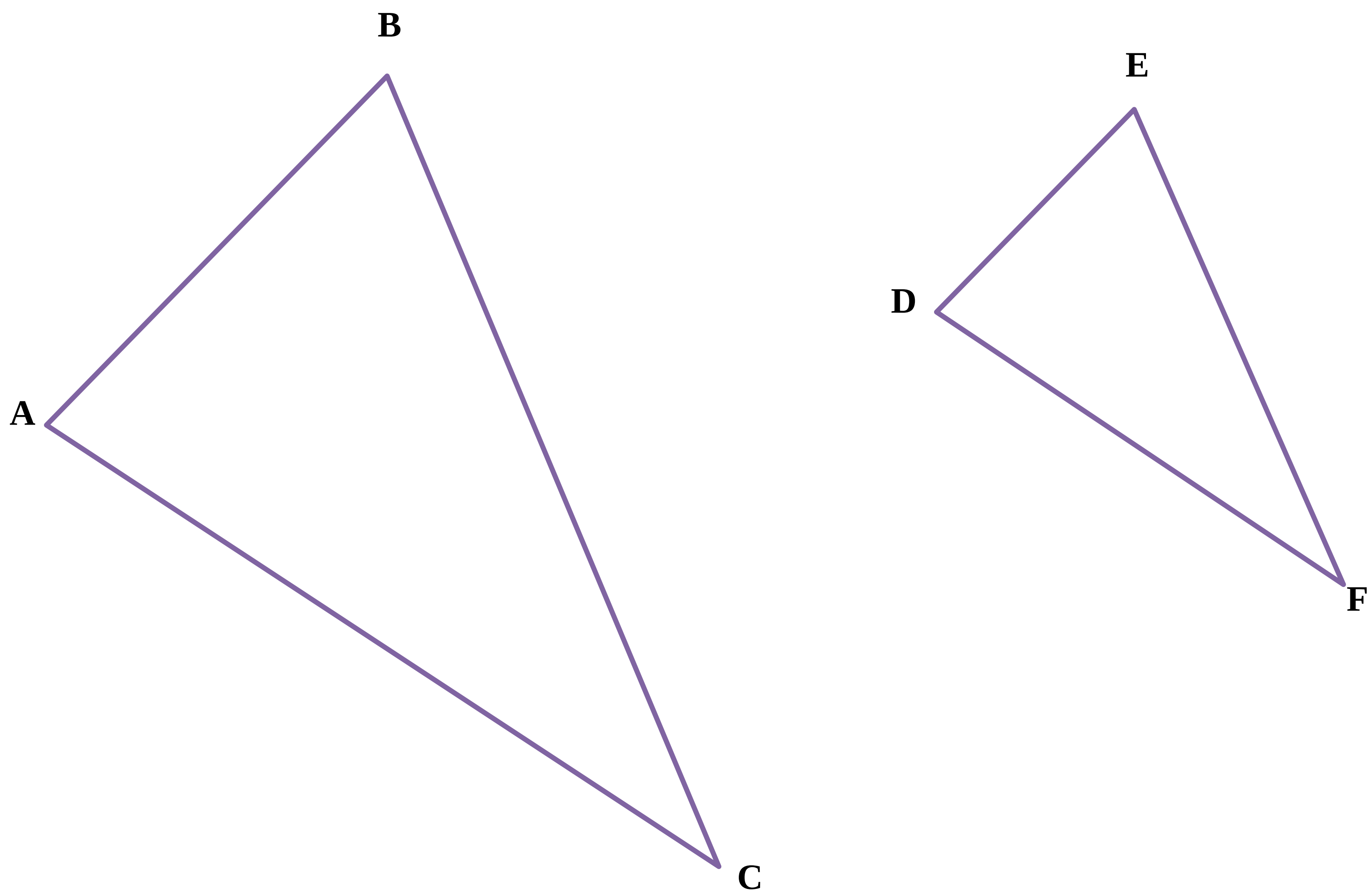
Consignes d'administration :

- Ce papier vert a été plié en deux. Ensuite, on a découpé une forme à la pliure.

- À quoi ressemblera la forme lorsqu'on dépliera le papier ?

  - Réponse : C

Activité #10



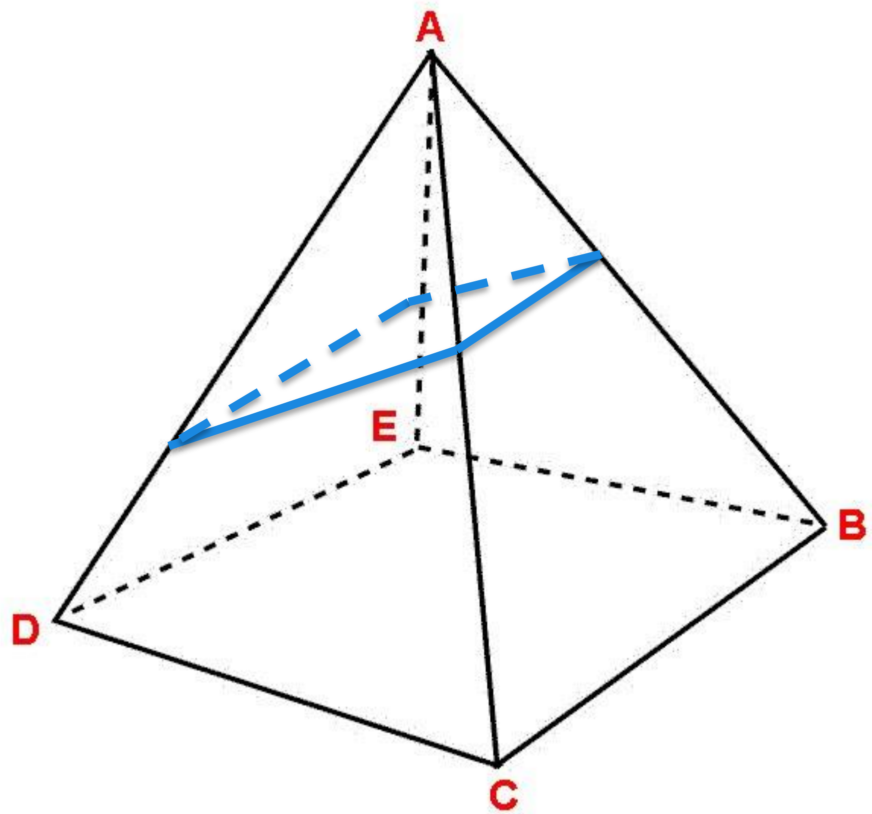
Activité #10 – Déduction

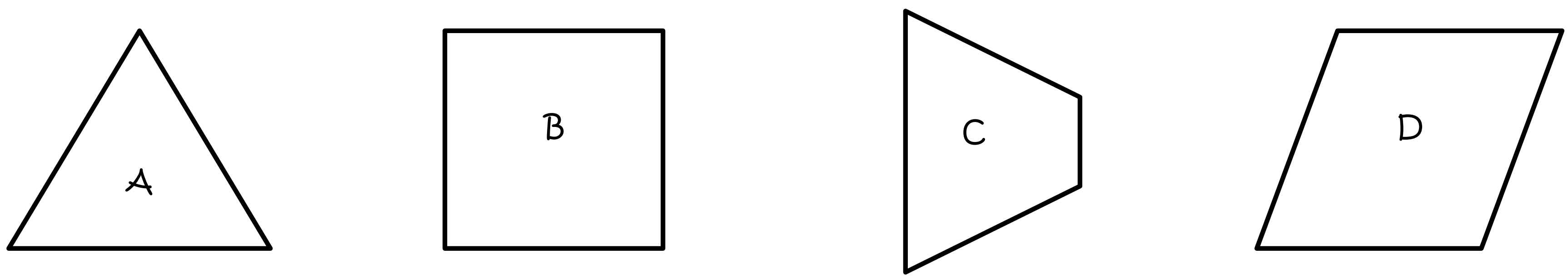
Consignes d'administration :

- Les triangles ABC et DEF sont des triangles semblables.
- Explique-moi, comment montrerais-tu que ces deux triangles sont semblables ?

- Réponses :
  - Tous les angles correspondants sont égaux.
  - Tous les segments correspondants sont de longueurs proportionnelles.
  - Le triangle DEF est obtenu par une homothétie avec le triangle ABC.
  - Le triangle DEF peut être placé à l'intérieur du triangle ABC avec un espace égal tout autour des côtés.
  - Tous les angles sont égaux. (L'élève est capable d'associer l'angle A avec l'angle D, etc.)

Activité #11





Activité #11 – Déduction

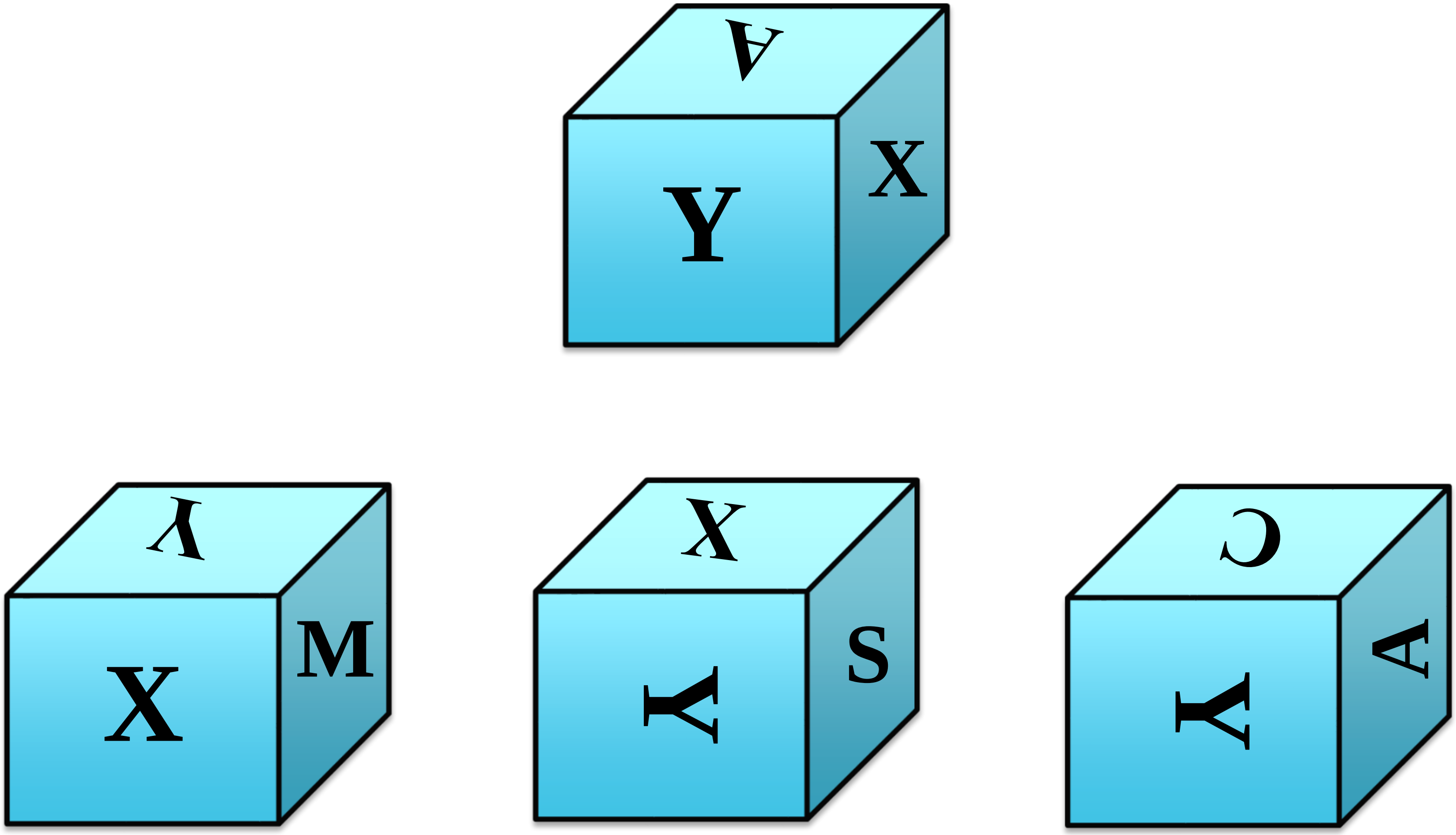
Consignes d'administration :

- Voici une pyramide qui a une base carrée. La ligne bleue représente une coupe transversale de la pyramide quand elle est coupée selon un angle précis.

- Laquelle des figures ci-dessous représente la coupe transversale ?

  - Réponses :
    - C

Activité #12



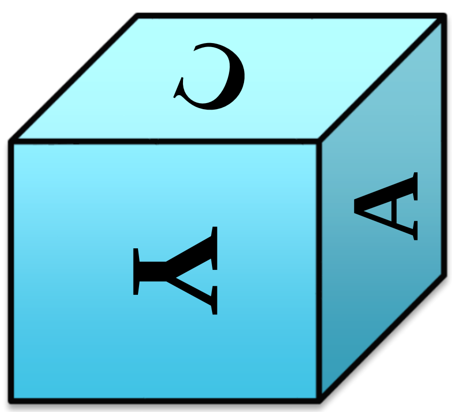
Activité #12 – Déduction

Consignes d'administration :

- Le cube du haut a une lettre sur chacune de ses faces. Comme trois faces sont visibles, tu ne vois que trois lettres, mais comme un cube a six faces, il y a six lettres d'inscrites.

- Indique-moi du doigt l'image ci-dessous qui montre le même cube que celui d'en haut.

- Réponse :



Bibliographie

- Belkhodja, M. (2007). *La visualisation en géométrie dans trois et deux dimensions en tant que compétence à développer à l'école (Thèse de doctorat inédite).* Université Laval, Québec, QC

- Connolly, A. (2008). *KeyMath™ 3 édition canadienne.* Toronto, NCS Pearson Education.

- Radford, L., Demers, S., et Miranda, I. (2009). *Processus d'abstraction en mathématiques : Repères pratiques et conceptuels.* Ontario, Université Laurentienne.

- Van de Walle, J. A., et Lovin, L. H. (2008). *L'enseignement des mathématiques : l'élève au centre de son apprentissage. Tome 3.* Québec, Éditions du Renouveau Pédagogique Inc. (ERPI)

Portrait de l'élève - Élève 01

Identification de l'élève
15 ans
DDN : 10 septembre 1998
4e secondaire avec reprise de mathématiques de troisième secondaire
Plan d'intervention actif : Oui
Cheminement scolaire en mathématiques
Échec en mathématiques depuis 2e année primaire, aucun redoublement puisque réussit FRA et ANG, aucun cours d'été
2013-2014 : 4e secondaire avec reprise de mathématiques de troisième secondaire
2014-2015 : Redoublement du 4e secondaire, tripleuse mathématiques de troisième secondaire
Difficultés en mathématiques
Se dit "nulle" en mathématiques, mais fait des efforts.
Se présente en récupérations, mais n'arrive jamais à comprendre la matière et les notions enseignées
Faible en mathématiques et en sciences, les autres matières, elle se dit capable de les réussir.
"Quand il y a des chiffres, mon cerveau se met à off ! C'est vraiment du chinois cette matière-là !"
Résultats scolaires en mathématiques
Échecs en mathématiques depuis 2e année primaire
Succès en sciences jusqu'au secondaire

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Suivi orthopédagogique depuis 4e année primaire, évaluée en orthopédagogie en 2e secondaire, mais pas de rapport au dossier d'aide.
Nombreux mémos GPI des enseignants de mathématiques et sciences de l'élève qui sont dépassés par ses incompréhensions
Suivi orthopédagogique pour rééducation en mathématiques qui a permis peu d'amélioration chez l'élève
Suivi médical pour médication pour TDA
Évaluations professionnelles
Évaluation psychologique au primaire pour un TDA, actuellement médicamentée
Évaluation psychologique en 2014 pour difficultés marquées en mathématiques versus les capacités intellectuelles de l'élève
Hypothèse d'un syndrome de dysfonction non-verbale (SDNV)
Évaluation en neuropsychologie à venir, possibilité de demander une exemption de mathématiques au MELS

Portrait de l'élève - Élève 02

Identification de l'élève
17 ans
DDN : 16 janvier 1997
4e secondaire avec reprise de mathématiques de troisième secondaire
Plan d'intervention actif : Non
Cheminement scolaire en mathématiques
A toujours échoué ses mathématiques depuis le début du primaire, dit n'avoir jamais rien compris
A déjà fait des cours d'été, mais jamais en mathématiques, parce qu'elle dit que ça ne servirait à rien
Redoublement de S2 et de S3, a fait ses mathématiques de S3 trois fois et a toujours échoué
Difficultés en mathématiques
Elle se dit très faible : "Je ne sais pas ce qui ne marche pas dans ma tête en mathématiques, mais vraiment là, j'y comprends rien !"
Fait des efforts, programme PARER pendant deux ans pour éviter le décrochage scolaire de l'élève, suivi rapproché avec soutien
Actuellement : découragée, à cause de ses mathématiques.
Normalement, apte à réussir FRA, ANG et HIS sans problème, mais là, échoue partout puisqu'elle est dépassée par ses mathématiques
Résultats scolaires en mathématiques
Oscillent entre 20% et 40% à toutes les années, qu'importe la compétence évaluée en mathématiques
Un bon résultat au bulletin en S1, parce que l'enseignant a donné les réponses à l'élève, il ne savait plus comment lui expliquer…
Parfois, CD2 en mathématiques peuvent être un peu plus faciles, parce que c'est moins gros, mieux organisé.

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Suivi seulement au secondaire en mathématiques : orthopédagogue et enseignante-ressource en mathématiques
Élève à l'ordre qui a toujours fait ce qu'on lui demandait, mais en mathématiques, ça ne fonctionne pas.
Nombreux mémos GPI des enseignants de mathématiques et sciences de l'élève qui sont dépassés par ses incompréhensions
Suivi psychologique pour dépression et anxiété, beaucoup lié à l'école
Évaluations professionnelles
Suivi médical pour dépression en 2013
Évaluation psychologique en 2014 pour difficultés en mathématiques persistantes et marquées : potentiel d'apprentissage : zone limite
Présence de symptômes anxieux et dépressifs pouvant aussi affectés les capacités d'apprentissage de l'élève

Portrait de l'élève - Élève 03

Identification de l'élève
18 ans
DDN : 18 février 1996
Redoublement de 4e secondaire, tripleur mathématiques de troisième secondaire
Plan d'intervention actif : Oui
Cheminement scolaire en mathématiques
Difficultés marquées et persistantes en mathématiques, mais aussi lecture et écriture
Tripleur mathématiques de S3 et tripleur sciences de S4
Lorsque deux matières de base sur trois en réussite, élève promu au niveau scolaire suivant sans trop de rattrapage en mathématiques
Prévoit 2014-2015 : Cinquième secondaire avec mathématiques et sciences de S4
Difficultés en mathématiques
"Les mathématiques sont vraiment plus difficiles que les autres matières parce que faut toujours raisonner pour arriver à faire quelque chose."
Présence en récupérations, dit qu'il doit "bûcher" pour arriver à passer.
Difficultés aussi dans les autres matières : FRA, ANG, HIS, MAT et SCT : Hypothèse de TA
Résultats scolaires en mathématiques
2009 : S1 : RP : 84%, Rais. : 52% = sommaire de 64% / 2010 : S2 : RP : 76%, Rais. : 52% = sommaire de 67%
2011 : S3 : 34% / 2012 : S3 : RP : 66%, Rais. : 51% = sommaire 56%
2013 : S3 : 58% (pondéré à 60%) promu en maths de S4
2014 : Maths et sciences de S4

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Suivi psychologique : décès du frère en bas âge
Suivi TES : Organisation excessivement difficile de l'élève, feuille de réussite académique pour un meilleur encadrement
Suivi orthopédagogique au primaire pour lecture et écriture, suivi en maths depuis deux ans
Évaluations professionnelles
Évaluation psychologique : TDA médicamenté, hypothèse de dyslexie, dyspraxie et dyscalculie au primaire
Jamais évalué par la suite pour obtenir un diagnostic
Évaluation en audiologie : Difficultés phonologiques (son versus parole)

Portrait de l'élève - Élève 04

Identification de l'élève
18 ans
DDN : 14 mars 1996
4e secondaire avec reprise de mathématiques de troisième secondaire
Plan d'intervention actif : Oui
Cheminement scolaire en mathématiques
Redoublement en 1re année primaire et en deuxième secondaire
Échec en mathématiques de deuxième secondaire, mais promu en 3e secondaire
A fait trois fois ses mathématiques de S3 (deux années scolaires + un cours d'été)
Belle progression depuis un an, mais sa compréhension est fragile et les travaux scolaires sont difficiles pour l'élève
Difficultés en mathématiques
Je suis faible en mathématiques, ça toujours été comme ça. Je m'implique beaucoup, je fais beaucoup d'efforts.
Élève qui se présente en récupérations, qui fait des cours du soir : belle mobilisation de sa part, veut son DES
Aime univers social : cultivé, écoute des documentaires, nomme que c'est très difficile en FRA et ANG pour la lecture et l'écriture.
Résultats scolaires en mathématiques
2010 : S2 : 42%   /   2011 : S2 : 53% (promu en S3 puisque réussi FRA et ANG)
2012 : S3 : 43%   /   2013 : S3 : 50%   /   Cours d'été juillet 2014 : Maths S3 réussi à 65%
2014 : S5 avec maths et sciences de S4 à l'horaire (+ horaire adapté)

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Suivi TES pour encadrement, feuille de réussite académique, très lunatique, désorganisé, oublis fréquents, pas attentif, temps supplémentaire requis
Suivi orthopédagogique en 2013 alors que l'élève est en S4 avec maths de S3
Nette amélioration, meilleure conceptualisation des notions, généralisation et transfert pour les RP, rééducation en mathématiques
Évaluations professionnelles
Évaluation en psychologie au premier cycle du primaire pour TDA (jamais médicamenté, mère refuse)
Évaluation orthopédagogique pour difficultés académiques : Hyp. TA en lecture et écriture, mesures adaptatives octroyées
Devait doubler son S4, car maths et sciences de S3 réussies, mais FRA et ANG de S4 échouées.
Horaire adapté avec suivi orthopédagogique : l'élève est promu en S5 avec reprise de bilans en janvier pour FRA et ANG S4

Portrait de l'élève - Élève 05

Identification de l'élève
16 ans
DDN : 1er septembre 1997
4e secondaire avec reprise de mathématiques de troisième secondaire
Plan d'intervention actif : Oui
Cheminement scolaire en mathématiques
Difficile depuis le primaire, dans plusieurs matières, mais surtout en mathématiques
Redoublement en S3, Tripleuse maths S3, doubleuse sciences S3 et sciences S4
Raisonnement et calculs sont difficiles, elle ne comprend pas les formules, ne fait pas de transfert dans différents contextes
Cours d'été une fois
Difficultés en mathématiques
"Je suis nulle en maths, mais je fournis les efforts. J'ai eu des profs différents, mais c'est du chinois cette matière-là !"
"J'ai de la difficultés en lecture, écriture et mathématiques. J'ai de la misère à comprendre, à savoir quoi faire et pourquoi."
N'arrive pas à associer une notion enseignée au travail demandé, surtout quand c'est une synthèse avec toutes les choses apprises
Résultats scolaires en mathématiques
2009 : S1 : RP : 62%, Rais. : 62% = sommaire de 65% / 2010 : S2 : RP : 53%, Rais. : 47% = sommaire de 52% (promue en S3 quand même)
2011 : S3 : 37% (Redoublement du S3) / 2012 : S3 : 44% (Triple les maths S3)
2013 : S3 : 64% (Réussi donc promue en S5 avec maths et sciences de S4)
Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire

Suivi TES : Décès du père
Suivi enseignante-ressource pour difficultés en lecture et écriture
Suivi orthopédagogique depuis deux ans : Maths, lecture et écriture (Suivi ortho au primaire pour lecture seulement)
N'arrive pas à donner un sens aux notions mathématiques dans le vie quotidienne, mesures adaptatives en lecture et écriture
Horaire adapté avec suivi orthopédagogique : l'élève est promue en S5 avec reprise de bilans en janvier pour FRA et ANG S4
Évaluations professionnelles
Aucune
Hyp. TA en lecture et écriture

Portrait de l’élève - Élève 06

Identification de l'élève
18 ans
DDN : 10 avril 1996
4e secondaire avec reprise de mathématiques de troisième secondaire
Plan d'intervention actif : Oui
Cheminement scolaire en mathématiques
Difficile, j'ai souvent échoué mes mathématiques au primaire, mais j'avais de l'aide seulement en lecture.
Échec de la 6e année : a fréquenté ADS avant le secondaire un
Tripleur mathématiques de troisième secondaire
Difficultés en mathématiques
"Je ne comprends rien en mathématiques… Faut vraiment que j'apprenne comme une séquence par cœur sinon, j'arrive à rien !"
"Je suis gêné, mais j'ai commencé à demander plus d'aide cette année, pis ça va un peu mieux. J'ai compris plus de choses."
Fait des efforts, programme PARER pendant un an pour éviter le décrochage scolaire de l'élève, suivi rapproché avec soutien individualisé
Réussi bien en éducation physique, a de la difficulté aussi en lecture et en écriture
Résultats scolaires en mathématiques
2008 : ADS : Bulletin modifié   /   2009 : S1 : RP : 60%, Rais. : 68% = sommaire de 64%
2010 : S2 : 28% au sommaire (promu en S3)   /   2011 : S3 : 34% (redoublement du S3)
2012 : S3 : RP : 28%, Rais. : 32% = sommaire de 40% (tripleur maths S3)   /   2013 : S3 : 56% (pondéré à 60%, promu en maths S4)
2014 : S5 avec mathématiques de S4, réussite des sciences de S4 en cours d'été

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Suivi en orthopédagogie au primaire pour la lecture
Suivi en orthopédagogie depuis trois ans, s'implique davantage maintenant dans son parcours scolaire.
Soutien en mathématiques surtout, rééducation, mais support aussi en lecture et en écriture.
Évaluations professionnelles
Évaluation psychologique en 2012 : Pas de TDA, signes d'anxiété, difficultés marquées en lecture, écriture et mathématiques
Évaluation en orthopédagogie en 2012 : Hyp. d'un TA en lecture et en écriture
Mesures adaptatives mises en place

Portrait de l'élève - Élève 07

Identification de l'élève
16 ans
DDN : 9 octobre 1997
Redoublement du 3e secondaire
Plan d'intervention actif : Oui
Cheminement scolaire en mathématiques
"Les maths, c'est la mort ! J'ai jamais rien compris, même si j'étudie vraiment beaucoup, ça sert à rien… mais je panique aussi en maths…"
Échecs en mathématiques au primaire, surtout pour le raisonnement mathématiques, mais pas à toutes les années
Tripleuse mathématiques de troisième secondaire, aucun cours d'été
Difficultés en mathématiques
"Je suis très faible en mathématiques, mais je fournis les efforts pour essayer de réussir. Mes enseignants m'ont toujours dit que je travaillais bien."
Abstraction et mentalisation difficile, n'arrive pas à créer une image mentale pour se représenter un solide
Mémorisation des formules, tables de multiplication et division très difficile
Difficultés académiques liées aux mathématiques et aux sciences, réussit bien dans le domaine des langues
Résultats scolaires en mathématiques
2010 : S1 : RP: 64%, Rais. : 55% = sommaire de 62%   /   2011 : S2 : 34% (promue en S3)
2012 : S3 : RP : 32%, Rais. 30% = sommaire de 31% (Redoublement S3)   /   2013 : S3 : RP : 51%, Rais. : 57% = sommaire de 55%
2014 : S4 avec reprise de maths de S3 pour la 3e fois.

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Suivi en psychoéducation pour anxiété généralisée et TDA depuis cinq ans
Suivi en psychologie pour trouble anxieux persistant qui engendrent des malaises physiques depuis deux ans
Début d'un suivi en orthopédagogie pour soutien en mathématiques
Évaluations professionnelles
Évaluation en neuropsychologie fin du primaire pour TDA et trouble anxieux
Difficultés de représentation mentale et de généralisation, difficultés de compréhension
Problématique avec l'abstraction, raisonnement perceptif difficile aussi

Portrait de l’élève - Élève 08

Identification de l'élève
14 ans
DDN : 18 août 1999
Troisième secondaire avec mathématiques de troisième secondaire
Plan d'intervention actif : Oui
Cheminement scolaire en mathématiques
"Je n'ai jamais redoublé d'année scolaire, mais j'échoue mes mathématiques depuis plusieurs années. Comme je réussis FRA et ANG, je monte toujours d'année."
Échec depuis 5e année primaire en mathématiques
Cours d'été en juillet 2014, mais échoués. L'élève connaît un trop grand retard en mathématiques pour pallier ses difficultés.
Difficultés en mathématiques
"Je suis nulle en maths ! Je comprends rien, pis même si je vais en récupération, le prof se décourage, parce que je pose trop de questions…"
Se mobilise bien, essaie de comprendre, mais n'a pas les acquis du primaire. Difficile de lui faire comprendre des concepts de troisième secondaire.
Dit avoir beaucoup de difficultés avec les résolutions de problèmes, mais les résultats scolaire montrent aussi une problématique avec le raisonnement.
Réussit bien en français et en anglais, la lecture et l'écriture sont relativement bien réussis par l'élève.
Résultats scolaires en mathématiques
2011 : S1 : RP : 61%, Rais. : 57% = sommaire de 55% / 2012 : S2 : RP : 56%, Rais. : 36% = sommaire de 48% (promue en S3)
2013 : S3 : RP : 49%, Rais. : 55% = sommaire de 53% (Redoublement du S3)
2014 : S3 en reprise

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Aucun soutien, ni suivi avant 2013
2013 : Début d'un suivi en orthopédagogie et mise en place d'un plan d'intervention compte tenu des difficultés en mathématiques
Ateliers dirigés pour travailler le raisonnement mathématiques
Évaluations professionnelles
Aucune évaluation professionnelle au dossier

Portrait de l'élève - Élève 09

Identification de l'élève
16 ans
DDN : 15 septembre 1997
Redoublement du 3e secondaire
Plan d'intervention actif : Oui
Cheminement scolaire en mathématiques
"J'ai toujours eu de la difficulté à l'école en mathématiques et en français. J'ai failli aller en adaptation scolaire au secondaire."
Échec en mathématiques depuis 4e année primaire
A fréquenté ADS et doubleur S3, aucun cours d'été, mais se mobilise davantage, n'abandonne pas au moindre effort
Mathématiques plus difficiles que le français
Difficultés en mathématiques
Faible en maths, mais avoue ne pas avoir toujours mis les efforts pour réussir. (Attitudes parfois inadéquates en S1 et S2)
Depuis un an, fait beaucoup plus d'efforts pour améliorer sa compréhension en mathématiques, raisonnement vraiment difficile
Ne comprend pas les démarches à suivre, ne sait pas quoi faire et pourquoi le faire en RP
Réussit bien en anglais et excelle en éducation physique, difficultés en lecture/écriture en français.
Résultats scolaires en mathématiques
2009 : ADS : Bulletin adapté / 2010 : S1 : RP : 70%, Rais. : 60% = sommaire de 65%
2011 : S2 : RP : 39%, Rais. : 25% = sommaire de 27% (promu en S3) / 2012 : S3 : RP : 44%, Rais. : 32% = sommaire de 36% (Redoublement S3)
2013 : S3 : RP : 65%, Rais. : 42% = sommaire de 49% / 2014 : S4 avec 3e fois maths S3

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Suivi orthopédagogique au primaire pour lecture et écriture, mais rien en mathématiques
Suivi TES au premier cycle du secondaire : comportements peu propices aux apprentissages
Suivi orthopédagogique depuis janvier 2014 en mathématiques (Concepts, passage du concret vers l'abstrait, calculs, organisation de la démarche)
Évaluations professionnelles
Évaluation orthopédagogique : Hyp. TA lecture et écriture, difficultés marquées et persistantes en mathématiques
Hyp. TA en mathématiques soulevée, mais aucun diagnostic apposé.

Portrait de l'élève - Élève 10

Identification de l'élève
17 ans
DDN : 18 avril 1997
4e secondaire avec reprise de mathématiques de troisième secondaire
Plan d'intervention actif : Non
Cheminement scolaire en mathématiques
Échec depuis 5e année primaire en mathématiques
Doubleuse maths de S2, mais aurait dû tripler maths de S2, doubleuse maths de S3
Cours d'été à deux reprises, mais aucun cours privé.
Difficultés en mathématiques
"Je suis faible en mathématiques, pis l'algèbre c'est vraiment ce qu'il y a de plus difficile !"
Ne maîtrise pas ses tables de multiplication et de division, comprend mal le langage mathématique (deux fois moins, trois de plus…)
Fournis excessivement d'efforts, mais a de la difficulté à accepter l'aide lorsqu'on lui propose (Plus ouverte maintenant)
Difficultés maths et sciences, mais réussit bien en FRA et ANG. HIS de S4 fait trois fois (2 années + cours d'été)
Résultats scolaires en mathématiques
2009 : S1 : RP et Rais. : 44% = sommaire de 48%   /   2010 : S2 : 28% en maths (redoublement du S2)
2011 : S2 : RP : 56%, Rais. : 44% = sommaire de 46% (promue en maths S3)   /   2012 : S3 : RP : 46%, Rais. : 37% = sommaire de 43% (Doubleuse maths S3)
2013 : S3 : RP : 60%, Rais. : 67% = sommaire de 65%   /   2014 : S5 avec maths de S4

Suivi ou soutien particulier durant le parcours scolaire
Suivi en psychoéducation, élève en famille d'accueil, famille biologique difficile
Suivi TS pour difficultés familiales nuisibles à la réussite scolaire (changement de milieu)
Suivi enseignante-ressource en mathématiques en S2, mais l'élève refusait l'aide.
Suivi enseignante-ressource en mathématiques en S3, meilleure collaboration, en réussite.
Évaluations professionnelles
Évaluation psychosociale pour difficultés d'adaptation

Élèves	A - #1	A - #2	A - #3	A - #4	A - #5	A - #6	A - #7	A - #8	A - #9	A - #10	A - #11	A - #12	Synthèse
Élève 01	E	R	E	E	E	DR	R	E	R	E	DR	E	**3R/2DR/7E Très concret, peu raisonn.**
Conduites	Paralé.		B	Trapèze	1er triangle	Trapèze Rectangle	Orange	C (8)	C (forme x 2)	Même forme	D (explique)	Lettre abs.	
Stratégies	Essai/Erreur	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Aucune stra.	Raisonne	Visualisation	Sens spatial	Visualisation	Sens spatial	Visualisation	
Élève 02	E	R	E	DR	R	DR	R	E	E	DR	E	DR	**3R/4DR/5E Sens spatial problémat.**
Conduites	Hexagone		C	Trap./Paral.	4 côtés	E-B-F-D	Orange	C (8)	D (déplier ?)	3 côtés ch.	D (pencher ?)	3e	
Stratégies	Dénombre	Visualisation	Sens spatial	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Raisonne	Visualisation	Visualisation	Raisonne	Sens spatial	Essai/Erreur	
Élève 03	R	R	E	DR	E	DR	R	E	E	E	E	E	**3R/2DR/7E IM et abstract. difficile**
Conduites			C	Rectangle	Le + bas 3 c inégaux	E-B-F-D	Orange	8+8+2+2=20	A	Même forme	A (triangle)	1er	
Stratégies	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Raisonne	Raisonne	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	
Élève 04	E	E	DR	DR	E	E	R	R	E	E	R	E	**3R/2DR/7E IM et abstract. difficile**
Conduites	Losange	Triangle Parallélog.	A	Hexagone	Le + bas 3 c inégaux	4A-B-D	Orange	A (6 x 3 = 18)	D (déplier ?)	Même forme	C	1er	
Stratégies	Sens spatial	Visualisation	Essai/Erreur	Dénombre	Visualisation	Sens spatial	Raisonne	Raisonne	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	Sens spatial	
Élève 05	E	R	E	R	E	DR	E	E	R	R	E	E	**4R/1DR/7E Rais. +, abstr. difficile**
Conduites	Hexagone		C		1er triangle 3 c égaux	E-B-F-D	Vert	8+8+2+2=20	C	Dimensions	A (triangle)	2e	
Stratégies	Dénombre	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	Raisonne	Sens spatial	Raisonne	Visualisation	Sens spatial	
Élève 06	E	R	R	R	E	DR	E	E	E	E	R	E	**4R/1DR/7E Observ. +, abst. Difficile**
Conduites	Hexagone		A		4e triangle	E-B-F-D	Bleu	C (8)	A	Même forme	C	1er	
Stratégies	Dénombre	Visualisation	Sens spatial	Sens spatial	Aucune stra.	Visualisation	Dénombre	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	Sens spatial	
Élève 07	R	R	E	E	E	DR	E	E	R	E	E	DR	**3R/2DR/7E IM et abstract. difficile**
Conduites			B	Trapèze	1er triangle	E-B-F-D	Vert	8+8+2+2=20	C	Même forme	A (triangle)	3e	
Stratégies	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	Raisonne	Sens spatial	Visualisation	Visualisation	Essai/Erreur	
Élève 08	DR	R	E	DR	R	DR	E	E	E	R	E	E	**3R/3DR/6E IM et abstract. difficile**
Conduites	Trapèze		B	Triangle	4 côtés	E-B-F-D	Bleu	8+8+2+2=20	D (déplier ?)	Dimensions	D (pencher ?)	2e	
Stratégies	Essai\Erreur	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Dénombre	Raisonne	Visualisation	Raisonne	Sens spatial	Sens spatial	
Élève 09	E	R	R	E	E	E	R	DR	E	E	R	E	**4R/1DR/7E Rais. +, abstr. Difficile**
Conduites	Losange		A	Hexagone	Le + bas	4A-B-D	Orange	B (5 x 3=20)	D (déplier ?)	Même forme	C	2e	
Stratégies	Sens spatial	Visualisation	Sens spatial	Dénombre	Aucune stra.	Sens spatial	Raisonne	Raisonne	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	Sens spatial	
Élève 10	R	R	R	DR	E	DR	E	E	DR	R	R	E	**5R/3DR/4E Rais. +, sens spatial difficile**
Conduites			A	Rectangle	1er triangle	E-B-F-D	Bleu	8+8+2+2=20	C	Dimensions	C	2e	
Stratégies	Visualisation	Visualisation	Sens spatial	Visualisation	Visualisation	Visualisation	Dénombre	Raisonne	Essai/Erreur	Raisonne	Sens spatial	Sens spatial	

Légende réussite de la question : R : Réussite DR : demie-réussite E : Échec

Appendice G - Compilation des résultats par activité

	A - #1	A - #2	A - #3	A - #4	A - #5	A - #6	A - #7	A - #8	A - #9	A - #10	A - #11	A - #12
Élèves												
E1	E	R	E	E	E	DR	R	E	R	E	DR	E
	Parallélo. Essai et erreur	Triangle et rectangle Visualisation	Réponse : B Visualisation	Trapèze Visualisation	1er triangle Visualisation	Trap/rectangle Aucune stratégie	Orange Raisonne	Plus grand nombre (8) Visualisation	C : Double la forme Sens spatial	Deux triangles Visualisation	Réponse : D Sens spatial	Manque de lettres Visualisation
E2	E	R	E	DR	R	DR	R	E	E	DR	E	DR
	Hexagone Dénombre	Triangle et rectangle Visualisation	Réponse : C Sens spatial	Trap./Paral. Visualisation	Forme avec 4 côtés Visualisation	EBFD Visualisation	Orange Raisonne	Plus grand nombre (8) Visualisation	D : Déplier ? Visualisation	2 triangles : 3 côtés chacun Raisonne	D : Orientation de la figure Sens spatial	3e Essai et erreur
E3	R	R	E	DR	E	DR	R	E	E	E	E	E
	Trap/octo Visualisation	Triangle et rectangle Visualisation	C : orientation de la figure Visualisation	Rectangle inattention Visualisation	3 côtés inégaux Visualisation	EBFD Visualisation	Orange Raisonne	Périmètre Raisonne	A : Visualise pas Visualisation	2 triangles : deux formes identiques Visualisation	A : Triangles (faces latérales) Visualisation	1er Sens spatial
E4	E	E	DR	DR	E	E	R	R	E	E	R	E
	Losange sens spatial	Parallélo. Visualisation	A Essai et erreur	Hexagone, erreur dénombre	Plus bas trian. mesures Visualisation	4ABD Sens spatial	Orange Raisonne	Calcule aire Raisonne	D : Déplier ? Visualisation	2 triangles : deux formes identiques Visualisation	C : Cube qui rapetisse Sens spatial	1er Sens spatial
E5	E	R	E	R	E	DR	E	E	R	R	E	E
	Hexagone Dénombre	Triangle et rectangle Visualisation	C : orientation de la figure Visualisation	Orange, vert, mauve, bleu Sens spatial	1er triangle, côtés égaux Visualisation	EBFD Visualisation	Vert, sens spatial	Périmètre Raisonne	C : Double la forme Sens spatial	un plus grand, un plus petit, raisonne	A : Triangles (faces latérales) Visualisation	2e Sens spatial
E6	E	R	R	R	E	DR	E	E	E	E	R	E
	Hexagone Dénombre	Triangle et rectangle Visualisation	A Sens spatial	Orange, vert, mauve, bleu Sens spatial	Plus bas trian. mesures Aucune stratégie	EBFD Visualisation	Bleu Dénombre	Plus grand nombre (8) Visualisation	A : Visualise pas Visualisation	2 triangles : deux formes identiques Visualisation	C : Cube qui rapetisse Sens spatial	1er Sens spatial
E7	R	R	E	E	E	DR	E	E	R	E	E	DR
	Trap/octo Visualisation	Triangle et rectangle Visualisation	B : Visualisation	Trapèze orientation Sens spatial	1er triangle, côtés égaux Visualisation	EBFD Visualisation	Vert, sens spatial	Périmètre Raisonne	C : Double la forme Sens spatial	Deux triangles Visualisation	A : Triangles (faces latérales) Visualisation	3e Essai et erreur

Légende réussite de la question :
R : Réussite DR : Demie-réussite E : Échec

Stratégies utilisées : Essai et erreur Dénombrement Sens spatial - Raisonnement Visualisation Aucune stratégie

Appendice G - Compilation des résultats par activité

	A - #1	A - #2	A - #3	A - #4	A - #5	A - #6	A - #7	A - #8	A - #9	A - #10	A - #11	A - #12
Élèves												
E8	DR	R	E	DR	R	DR	E	E	E	R	E	E
	Trapèze Essai et erreur	Triangle et rectangle Visualisation	Réponse : B Visualisation	Trian. jaune vs trian. rectangle Visualisation	Forme avec 4 côtés Visualisation	EBFD Visualisation	Bleu Dénombre	Périmètre Raisonne	D : Déplier ? Visualisation	un plus grand, un plus petit, raisonne	D : Orientation de la figure Sens spatial	2e Sens spatial
E9	E	R	R	E	E	E	R	DR	E	E	R	E
	Losange, sens spatial	Triangle et rectangle Visualisation	A Sens spatial	Hexagone, erreur dénombre	Plus bas trian. mesures Aucune stratégie	4ABD Sens spatial	Orange Raisonne	Calcule aire, mais erreur de calcul, Raisonne	D : Déplier ? Visualisation	2 triangles : deux formes identiques Visualisation	C : Cube qui rapetisse Sens spatial	2e Sens spatial
E10	R	R	R	DR	E	DR	E	E	DR	R	R	E
	Trap/octo Visualisation	Triangle et rectangle Visualisation	A Sens spatial	Rectangle inattention Visualisation	1er triangle, côtés égaux Visualisation	EBFD Visualisation	Bleu Dénombre	Périmètre Raisonne	C : Essai/erreur	un plus grand, un plus petit, raisonne	C : Cube qui rapetisse Sens spatial	2e Sens spatial
Résultats	3R/1DR/6E	9R / 1E	3R/1DR/6E	2R/5 DR/ 3E	2R / 8E	8 DR/2E	5R / 5E	1R/1 DR/8E	3R/1 DR/6E	3R/1 DR/6E	4R/1 DR/5E	2 DR/8E
Synthèse par question	Dénombre, essai et erreur et sens spatial (Se fient à ce qu'ils voient)	Bien réussi, formes fréquentes, les formes sont clairement délimitées avec la ligne pointillée.	Forme irrégulière, manipulation impossible donc abstraction difficile, car ils devaient l'imaginer.	Propriétés et orientation des figures difficiles, n'intègrent pas les propriétés, mauvaise observation	Propriétés et orientation des figures difficiles, n'intègrent pas les propriétés, mauvaise observation	Mauvaise observation, propriétés des figures non-acquises, difficulté avec angles différents de 90 degrés	Ne visualisent pas la figure, n'arrivent pas à changer l'orientation de la figure, dénombre les cubes	Raisonnement et dintinction entre mesure, pèrimètre et aire non-acquise, déduction impossible	Visualisation difficile, ne peuvent pas imaginer ce qu'ils ne voient pas, ne peuvent pas déplier le papier	Raisonnement erroné, propriété des figures incomprises, restent au principe d'observation	S'appuient sur la visualisation du solide, pyramide tronquée acquise par certains sujets	Impossible à visualiser pour la majorité des sujets, orientation des lettres et changement de lettres

Légende réussite de la question :
R : Réussite DR : Demie-réussite E : Échec

Stratégies utilisées : Essai et erreur Dénombrement Sens spatial - Raisonnement Visualisation Aucune stratégie

	QUATRE PREMIERS NIVEAUX DE VAN HIELE												
	0 - Visualisation			1 - Analyse			2 - Déduction formelle			3 - Déduction			
	A - #1	A - #2	A - #3	A - #4	A - #5	A - #6	A - #7	A - #8	A - #9	A - #10	A - #11	A - #12	
Élèves													**Synthèse**
E1	E	R	E	E	E	DR	R	E	R	E	DR	E	
	Parallélo. Essai et erreur	Triangle et rectangle Visualisation	Réponse : B Visualisation	Trapèze Visualisation	1er triangle Visualisation	Trap/ rectangle Aucune stratégie	Orange Raisonne	Plus grand nombre (8) Visualisation	C : Double la forme Sens spatial	Deux triangles Visualisation	Réponse : D Sens spatial	Manque de lettres Visualisation	L'élève se situe au niveau 0.
E2	E	R	E	DR	R	DR	R	E	E	DR	E	DR	
	Hexagone Dénombre	Triangle et rectangle Visualisation	Réponse : C Sens spatial	Trap./Paral. Visualisation	Forme avec 4 côtés Visualisation	EBFD Visualisation	Orange Raisonne	Plus grand nombre (8) Visualisation	D : Déplier ? Visualisation	2 triangles : 3 côtés chacun Raisonne	D : Orientation de la figure Sens spatial	3e Essai et erreur	L'élève se situe au niveau 0.
E3	R	R	E	DR	E	DR	R	E	E	E	E	E	
	Trap/octo Visualisation	Triangle et rectangle Visualisation	C : orientation de la figure Visualisation	Rectangle inattention Visualisation	3 côtés inégaux Visualisation	EBFD Visualisation	Orange Raisonne	Périmètre Raisonne	A : Visualise pas Visualisation	2 triangles : deux formes identiques Visualisation	A : Triangles (faces latérales) Visualisation	1er Sens spatial	L'élève se situe au niveau 0.
E4	E	E	DR	DR	E	E	R	R	E	E	R	E	
	Losange sens spatial	Parallélo. Visualisation	A Essai et erreur	Hexagone, erreur dénombre	Plus bas trian. mesures Visualisation	4ABD Sens spatial	Orange Raisonne	Calcule aire Raisonne	D : Déplier ? Visualisation	2 triangles : deux formes identiques Visualisation	C : Cube qui rapetisse Sens spatial	1er Sens spatial	L'élève se situe au niveau 0.
E5	E	R	E	R	E	DR	E	E	R	R	E	E	
	Hexagone Dénombre	Triangle et rectangle Visualisation	C : orientation de la figure Visualisation	Orange, vert, mauve, bleu Sens spatial	1er triangle, côtés égaux Visualisation	EBFD Visualisation	Vert, sens spatial	Périmètre Raisonne	C : Double la forme Sens spatial	un plus grand, un plus petit, raisonne	A : Triangles (faces latérales) Visualisation	2e Sens spatial	L'élève se situe au niveau 0.
E6	E	R	R	R	E	DR	E	E	E	E	R	E	
	Hexagone Dénombre	Triangle et rectangle Visualisation	A Sens spatial	Orange, vert, mauve, bleu Sens spatial	Plus bas trian. mesures Aucune stratégie	EBFD Visualisation	Bleu Dénombre	Plus grand nombre (8) Visualisation	A : Visualise pas Visualisation	2 triangles : deux formes identiques Visualisation	C : Cube qui rapetisse Sens spatial	1er Sens spatial	L'élève se situe au début du niveau 1.

Légende réussite de la question :
R : Réussite DR : Demie-réussite E : Échec

Stratégies utilisées : Essai et erreur Dénombrement Sens spatial - Raisonnement Visualisation Aucune stratégie

Appendice H - Synthèse du questionnaire selon les quatre premiers niveaux de Van Hiele

	QUATRE PREMIERS NIVEAUX DE VAN HIELE												
	0 - Visualisation			1 - Analyse			2 - Déduction formelle			3 - Déduction			
	A - #1	A - #2	A - #3	A - #4	A - #5	A - #6	A - #7	A - #8	A - #9	A - #10	A - #11	A - #12	
Élèves													Synthèse
E7	R	R	E	E	E	DR	E	E	R	E	E	DR	
	Trap/octo Visualisation	Triangle et rectangle Visualisation	B : Visualisation	Trapèze orientation Sens spatial	1er triangle, côtés égaux Visualisation	EBFD Visualisation	Vert, sens spatial	Périmètre Raisonne	C : Double la forme Sens spatial	Deux triangles Visualisation	A : Triangles (faces latérales) Visualisation	3e Essai et erreur	L'élève se situe au début du niveau 1.
E8	DR	R	E	DR	R	DR	E	E	E	R	E	E	
	Trapèze Essai et erreur	Triangle et rectangle Visualisation	Réponse : B Visualisation	Trian. jaune vs trian. rectangle Visualisation	Forme avec 4 côtés Visualisation	EBFD Visualisation	Bleu Dénombre	Périmètre Raisonne	D : Déplier ? Visualisation	un plus grand, un plus petit, raisonne	D : Orientation de la figure Sens spatial	2e Sens spatial	L'élève se situe au niveau 0.
E9	E	R	R	E	E	E	R	DR	E	E	R	E	
	Losange, sens spatial	Triangle et rectangle Visualisation	A Sens spatial	Hexagone, erreur dénombre	Plus bas trian. mesures Aucune stratégie	4ABD Sens spatial	Orange Raisonne	Calcule aire, mais erreur de calcul, Raisonne	D : Déplier ? Visualisation	2 triangles : deux formes identiques Visualisation	C : Cube qui rapetisse Sens spatial	2e Sens spatial	L'élève se situe au niveau 0.
E10	R	R	R	DR	E	DR	E	E	DR	R	R	E	
	Trap/octo Visualisation	Triangle et rectangle Visualisation	A Sens spatial	Rectangle inattention Visualisation	1er triangle, côtés égaux Visualisation	EBFD Visualisation	Bleu Dénombre	Périmètre Raisonne	C : Essai/erreur	un plus grand, un plus petit, raisonne	C : Cube qui rapetisse Sens spatial	2e Sens spatial	L'élève se situe au début du niveau 1.
Synthèse	Pour le premier niveau de Van Hiele, la visualisation, les sujets ont obtenu un taux de réussite de 15/30. Lorsqu'on leur demande d'observer, ils parviennent à le faire, mais lorsqu'on change l'orientation de la figure, lorsqu'il y a des quadrilatères dont tous les angles ne sont pas des angles droits (parallélogramme, trapèze, losange), ils éprouvent des difficultés à identifier les bonnes figures géométriques.			Pour le second niveau de Van Hiele, l'analyse, les sujets ont obtenu un taux de réussite de 4/30. Dès ce niveau de pensée, les difficultés rencontrées par les élèves sont davantage marquées et préoccupantes. La compréhension des caractéristiques propres à chacune des figures et la généralisation de celles-ci à travers les classes de figures géométriques est périlleuse. Les sujets demeurent accrochés à ce qu'ils voient.			Pour le troisième niveau de Van Hiele, la déduction formelle, les sujets ont obtenus un taux de réussite de 9/30. À nouveau, la majorité des participants a d'importantes difficultés à délaisser la manipulation, l'aspect concret. Ils ont recours au dénombrement comme stratégie compensatoire, car ils n'arrivent pas à créer des relations entre les figures. L'imagerie mentale d'une figure est très ardue.			Finalement, pour le dernier niveau de Van Hiele évalué, la déduction, les sujets ont obtenu un taux de réussite de 7/30. L'abstraction et la mentalisation des figures, ainsi que de leurs propriétés, sont problématiques. Ils arrivent difficilement à justifier leur raisonnement qui est souvent fautif. Ils ne parviennent pas à se construire un schème de pensée qui leur permettrait de raisonner, d'abstraire et d'émettre des hypothèses logiques en géométrie.			Difficultés marquées sur le plan des habiletés visuo-spatiales chez les élèves en difficultés d'apprentissage en mathématiques.

Légende réussite de la question :
R : Réussite DR : Demie-réussite E : Échec

Stratégies utilisées : Essai et erreur Dénombrement Sens spatial - Raisonnement Visualisation Aucune stratégie

Le 14 mai 2014

Madame Marie-Pier Gravel
Étudiante à la maîtrise
Département des sciences de l'éducation

Madame,
J'accuse réception des documents corrigés nécessaires à la réalisation de votre protocole de recherche intitulé **Le développement des habilités visuo-spatiales chez des élèves en difficulté en mathématiques inscrits en troisième secondaire** en date du 13 mai 2014.

Une photocopie du certificat portant le numéro (CER-14-201-07.06) vous sera acheminée par courrier interne. Sa période de validité s'étend du 14 mai 2014 au 14 mai 2015.

Nous vous invitons à prendre connaissance de votre certificat qui présente vos obligations à titre de responsable d'un projet de recherche.

Je vous souhaite la meilleure des chances dans vos travaux et vous prie d'agréer, Madame, mes salutations distinguées.

LA SECRÉTAIRE DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

FANNY LONGPRÉ
Agente de recherche
Décanat de recherche et de la création

FL/cd

p. j. Certificat d'éthique

c. c. Mme Pascale Blouin, professeure au Département des sciences de l'éducation

Le 28 avril 2015

Madame Marie-Pier Gravel
Étudiante
Département des sciences de l'éducation

Madame,
Les membres du comité d'éthique de la recherche vous remercient de leur avoir acheminé une demande de renouvèlement pour votre protocole de recherche intitulé : **Le développement des habilités visuo-spatiales chez des élèves en difficulté en mathématiques inscrits en troisième secondaire** (CER-14-201-07.06) en date du 23 avril 2015.

Lors de sa 213e réunion qui aura lieu le 22 mai 2015, le comité entérinera l'acceptation de la prolongation de votre certificat jusqu'au 14 mai 2016. Cette décision porte le numéro CER-15-213-08-03.09.

Veuillez agréer, Madame, mes salutations distinguées.

LA SECRÉTAIRE DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

FANNY LONGPRÉ
Agente de recherche
Décanat de la recherche et de la création

p. j. Certificat d'éthique

c. c. Mme Pascale Blouin, professeure au Département des sciences de l'éducation