

Modèles de raisonnement spatial à l'éducation préscolaire: une revue de littérature

Charlaine St-Jean, Université du Québec en Outaouais, Canada
Johanne April, Université du Québec en Outaouais, Canada
Nathalie Bigras, Université du Québec à Montréal, Canada
Marilyn Dupuis-Brouillette, Université du Québec en Outaouais, Canada

Résumé: Plusieurs chercheurs révèlent que le développement du raisonnement spatial contribue à la réussite éducative des enfants au primaire (Clements & Sarama, 2009 ; Pagani, Jalbert, & Girard, 2006 ; Sarama, 2002). Depuis les deux dernières années, de plus en plus de chercheurs démontrent l'importance de s'attarder au concept du raisonnement spatial dès la petite enfance (Clements & Sarama, 2012 ; Verdine, Golinkoff, Filipowick, Chang, Hirsh-Pasek, & Newcombe, 2014). Le contenu de cet article résulte d'une recension des écrits scientifiques sur les différents modèles du raisonnement spatial pour les enfants à l'éducation préscolaire. Des définitions et les dimensions des différents modèles du raisonnement spatial sont proposées du point de vue des différents chercheurs. Les résultats descriptifs sont discutés au regard de quatre différents modèles liés au raisonnement spatial.

Mots clés: Raisonnement spatial, sens spatial, visualisation spatiale, éducation préscolaire, éducation

Introduction

Plusieurs résultats de recherches révèlent que le développement des habiletés en mathématiques, et plus particulièrement celle du raisonnement spatial, contribue à la réussite éducative des enfants et facilite l'apprentissage des sciences et technologies au primaire (Clements & Sarama, 2009; Pagani *et al.*, 2006; Sarama, 2002). En effet, une recherche de Gunderson, Ramirez, Beilok et Levine (2012) confirme un lien entre le raisonnement spatial développé chez les enfants de cinq ans et leur réussite éducative en 3^e année du primaire au regard des mathématiques et des sciences.

Depuis les dix dernières années, de plus en plus d'études démontrent l'importance de s'attarder au développement du concept du raisonnement spatial puisqu'elles révèlent que les enfants issus de milieux défavorisés seraient moins exposés à du vocabulaire relié au raisonnement spatial et que, par exemple, l'action de pointer un objet au lieu de l'indiquer verbalement est trop souvent utilisée (Clement & Sarama, 2009; Verdine *et al.*, 2014). Dans le même sens, la littérature nous renseigne que les enseignantes à l'éducation préscolaire explorent peu le concept du raisonnement spatial (Clements & Sarama, 2009; Cornoldi & Vecchi., 2003; Sarama, 2002).

Selon la posture socio-interactionniste, c'est à travers les explorations et les découvertes que les enfants sont actifs et qu'ils apprennent en fonction des interactions avec des personnes significatives de leur environnement (Vygostsky, 1934, 1986). Ainsi, c'est en étant exposé à du vocabulaire et des actions reliés au raisonnement spatial que l'enfant développe ce type de raisonnement. Il serait raisonnable de croire que ces lacunes peuvent être compensées par l'expérience à l'éducation préscolaire puisque ces milieux offrent aux enfants des expériences d'apprentissages et que les enseignantes sont des personnes ressources essentielles pour soutenir le développement du raisonnement spatial chez les enfants (Clements et Sarama, 2012). Or, elles explorent trop peu ce concept dans leurs activités quotidiennes (Clements & Sarama, 2009; Cornoldi & Vecchi, 2003; Sarama, 2002).

Deux chercheurs américains se sont questionnés sur l'exploration du raisonnement spatial par des enseignantes à l'éducation préscolaire (Sarama & Clements, 2009). Ils ont réalisé une étude auprès de 3000 enseignantes à l'éducation préscolaire ayant comme but de spécifier les types d'activités en mathématiques faites auprès des enfants de quatre ans. Les résultats indiquent que 67% des enseignantes mettent en place des activités pour compter, 51% font de la reconnaissance de nombres, 34% font des suites, 31% font de petites additions, 16% explorent la géométrie et seulement 12% explorent le raisonnement spatial (Sarama & Clements, 2009). Dans le même sens, l'étude de Sarama (2002) explique que les enfants de quatre ans peuvent identifier différentes formes géométriques comme le carré, le triangle, le cercle et le rectangle. Par contre, les enseignantes ne demandent pas aux enfants d'expliquer leur raisonnement spatial. Elles montrent très rarement différentes formes de triangles pour amener l'enfant à raisonner et comparer les différents types de

triangles et les différentes positions possibles du triangle dans l'espace (Sarama, 2002). Dans 95% des cas, les enseignantes présentaient le triangle avec un des sommets vers le haut (Sarama, 2002). Sarama (2002) conclut que le raisonnement spatial est donc un concept peu exploré par les enseignantes. Il n'est pas étonnant d'arriver à ce constat puisque des chercheurs américains se sont intéressés à la compréhension du raisonnement spatial d'enseignantes à l'éducation préscolaire au regard du raisonnement spatial (Nguyen *et al.*, 2016). Ceux-ci concluent que les enseignantes ne connaissent pas suffisamment le concept du raisonnement spatial et ne savent pas quoi enseigner ni comment l'enseigner (Nguyen *et al.*, 2016).

Des chercheurs se sont également questionnés sur les enfants issus de milieux défavorisés. En effet, aux États-Unis, une étude menée par Dexter et Stacks (2014) révèle que les enfants de cinq ans vivant dans des familles ayant un revenu inférieur à 50 000\$ et ayant un bas niveau d'éducation ont des résultats plus faibles au test du WPPSI-III. L'étude de Dexter et Stacks (2014) a été réalisée auprès de 1700 enfants américains âgés entre quatre et sept ans et mesure le raisonnement spatial des enfants avec le sous-test *Block Design* du WPPSI-III et le *Home Environment Questionnaire* (HEQ). Le sous-test *Block Design* demande aux enfants de reproduire des modèles avec des cubes de bois. Le questionnaire HEQ est un questionnaire sur des données sociodémographiques des parents et des activités que les parents font avec leurs enfants. Il y a une forte corrélation entre un faible revenu familial et un faible score au WPPSI-III (Dexter & Stacks, 2014). Dans le même ordre d'idées, l'étude de Jirout et Newcombe (2015) a pour but d'explorer les jeux auxquels les enfants jouent à la maison et l'influence de ceux-ci sur le développement du raisonnement spatial. Afin de vérifier l'objectif de recherche, 847 enfants âgés entre quatre et sept ans ont fait partie de l'échantillon dont les filles constituent 51%. Les résultats illustrent une forte corrélation entre le niveau d'éducation de la mère, le revenu familial et le résultat au sous-test *Block Design*, $r(842) = .81$. Les résultats significatifs avec une analyse de variance ($F[2, 840] = 3.03$, $p = .05$, $\eta_p^2 = .007$) démontrent que les garçons vivant dans un milieu défavorisé ont un score plus bas au sous-test *Block Design* (Jirout & Newcombe, 2015, p.309). Les habitudes de jeux des enfants ont été répertoriées selon cinq catégories : les jeux de blocs ou les casse-tête, les dessins, les jeux musicaux, les poupées ou les camions et les bicyclettes ou les balançoires. L'analyse de covariance confirme que les enfants jouant « souvent » avec les jeux de blocs ou les casse-tête ont de meilleurs résultats au sous-test *Block Design* que les enfants jouant « parfois » avec les jeux de blocs ou les casse-tête. Il y a également une différence significative entre les garçons et les filles, $F[1, 840] = 7.17$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .265$ (Jirout & Newcombe, 2015, p.309). Les garçons jouant « souvent » avec les jeux de blocs ou les casse-tête ont de meilleurs résultats au sous-test *Block Design* que les filles. Donc, les deux études montrent que les enfants de milieux défavorisés ont un score plus faible au sous-test *Block Design* du WPPSI-III (Dexter & Stacks, 2014; Jirout & Newcombe, 2015).

Afin de soutenir le raisonnement spatial à l'éducation préscolaire, il est impératif de se questionner sur les différents modèles du raisonnement spatial présentés par les auteurs de ce domaine. Mieux connaître les modèles du raisonnement spatial s'avère essentiel sur le plan scientifique, mais aussi pour la formation des enseignantes afin de favoriser le développement du raisonnement spatial à l'éducation préscolaire.

Objectifs

Cette recension a pour objectif général d'explorer la littérature au regard des modèles de raisonnement spatial à l'éducation préscolaire. Deux objectifs spécifiques sont ainsi poursuivis : (1) définir des modèles de raisonnement spatial à l'éducation préscolaire, et (2) identifier les dimensions convergentes entre les différents modèles.

Méthodologie

Pour répondre à nos objectifs spécifiques de recherche, deux recherches documentaires ont été menées. Pour la recherche portant sur le raisonnement spatial à la petite enfance, les bases de données *Academic Search Premier* (EBSCO), *ERIC* (EBSCO), *Francis et Proquest Dissertation and Theses* ont été consultées. Pour la première recherche, les critères suivants d'inclusion des articles ont été appliqués : (1) avoir été publié dans une revue avec comité par les pairs, (2) avoir été publié après janvier 2000, (3) inclure des enfants de cinq ans et moins. Les mots-clés suivants ont été utilisés : « early child education », « early spatial thinking »,

« early spatial reasoning », « early spatial sense » ou « raisonnement spatial petite enfance ». Les références bibliographiques ont été consultées pour compléter la recension. La recension des écrits a permis de cerner 56 articles avec les critères d'inclusion. Toutefois, cette recherche a permis d'identifier un seul modèle sur le développement du raisonnement spatial pour les enfants de cinq ans et moins. Alors, une deuxième recherche a été réalisée.

Pour la deuxième recherche documentaire sur le raisonnement spatial, seul le premier critère d'inclusion a été appliqué afin de trouver davantage de modèles du raisonnement spatial en éducation. Les mots-clés suivants ont été utilisés dans les bases de données mentionnées précédemment : « child education », « spatial thinking », « spatial reasoning », « spatial sence » ou « raisonnement spatial ». Ainsi, la recherche documentaire a permis de recenser 258 articles. Ainsi, trois modèles ont été ajoutés à la recension, pour un total de quatre.

Résultats

Quelques chercheurs se sont intéressés au raisonnement spatial. Selon les auteurs, les termes *sens spatial*, *visualisation spatiale* ou *raisonnement spatial* sont tous employés pour décrire le modèle dont il est question dans cet article. Ainsi, en pratique, il n'y a pas de consensus sur la terminologie. Néanmoins, selon la revue de la littérature de Gutiérrez (1996), les deux premiers termes sont associés au troisième thème qui est en fait un concept à part entière : le raisonnement spatial. Les prochains paragraphes exploreront les définitions du raisonnement spatial selon différents auteurs ainsi que leurs modèles respectifs.

Modèle de Frosting et Home (1972)

Selon Frosting et Home (1972), tant dans le domaine des mathématiques que de la psychologie, le raisonnement spatial réfère à la perception spatiale ou à la visualisation spatiale. Ces deux chercheurs ont élaboré le modèle des habiletés visuospatiales, qui propose cinq habiletés reliées à la perception à développer chez l'élève (Frosting & Home, 1972). De plus, le modèle de Frosting et Home (1972) a été repris par Hoffer (1977) qui lui a ajouté les deux dernières habiletés.

Première habileté : la coordination visuomotrice

La coordination visuomotrice, comme son nom l'indique, est le fait de synchroniser la vision aux mouvements du corps. Cette coordination est sollicitée par l'enfant lors d'activités quotidiennes comme courir, dessiner des figures ou représenter une figure en trois dimensions à l'aide de blocs (Frostin & Home, 1972; Hoffer, 1977).

Deuxième habileté : la perception image-fond

La perception image-fond consiste à percevoir une image spécifique à l'intérieur d'une image plus complexe (Frostin & Home, 1972; Hoffer, 1977). Pour y arriver, il faut mettre en premier plan l'image que l'on veut distinguer et faire abstraction des autres images qui forment l'arrière-plan. Prenons l'exemple de la figure 1, les élèves doivent percevoir le cercle à l'intérieur du carré.



Figure 1: La perception image-fond

Troisième habileté : la constance perceptuelle

La constance perceptuelle permet de reconnaître une figure géométrique indépendamment de sa taille, sa position dans l'espace, sa couleur ou sa texture (Frostin & Home, 1972; Hoffer, 1977).

Quatrième habileté : perception de la position dans l'espace

La perception de la position dans l'espace permet de concevoir que deux figures peuvent être identiques même si elles ne sont pas placées de la même façon (Frostin & Home, 1972; Hoffer, 1977). Cette habileté est souvent sollicitée lors des transformations de figures en géométrie (Del Grande, 1990; Frostin & Home, 1972; Hoffer, 1977), comme la translation et la rotation, par exemple.

Cinquième habileté : perception des relations spatiales

La perception des relations spatiales permet de mettre en relation au moins deux objets (Frostin & Home, 1972; Hoffer, 1977). Par exemple, les élèves peuvent réaliser des suites d'objets pour favoriser cette habileté comme mettre un cœur orange, un cœur bleu, un cœur orange et ainsi de suite. Les élèves devront observer les différentes couleurs et compléter la suite.

Sixième habileté : distinction visuelle

La distinction visuelle consiste à pouvoir identifier les différences et les ressemblances entre plusieurs objets (Del Grande, 1990; Hoffer, 1977). Les élèves observent les différents objets et ils sont capables de les décrire et de trouver des différences et des ressemblances.

Septième habileté : mémoire visuelle

La mémoire visuelle est l'habileté à se représenter mentalement une image afin de la reproduire même si on ne la voit plus concrètement (Del Grande, 1990; Hoffer, 1977).

Selon Hoffer (1977), ces sept habiletés visuospatiales jouent un rôle important dans le développement du raisonnement spatial. Il est important de mentionner que les auteurs du modèle de Frosting et Home (1972) n'ont pas spécifié la clientèle visée par leur modèle.

Modèle de Marchand (2009)

Le modèle de Marchand (2009) fait référence à tout ce qui est en lien avec la structuration d'un espace et cela se traduit par des connaissances spatiales et géométriques. Le modèle suggère une suite de niveaux selon laquelle l'apprentissage scolaire des connaissances spatiales peut se dérouler. Une séquence à trois niveaux où l'objectif final pour l'élève est de manipuler et de transformer mentalement des figures à deux ou trois dimensions est proposée. Voici une schématisation du modèle de Marchand (2009).

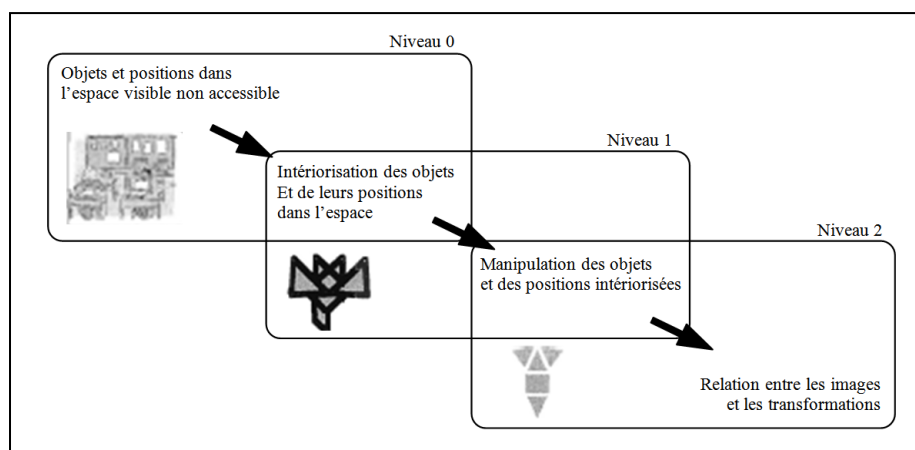


Figure 2: Modèle de Marchand

Marchand, 2009, p.68.

Ce modèle débute lors de la scolarisation officielle des enfants. Il est donc applicable dès la première année du primaire. Au niveau 0, l'élève a un accès visuel et tangible en tout temps aux figures et aux solides avec lesquels il travaille (Marchand, 2009; Thibault, 2013). Au niveau 1, l'élève est maintenant capable de seulement visualiser mentalement les figures et les solides sans avoir besoin de supports visuel et tangible (Marchand, 2009; Thibault, 2013). Au niveau 2, le stade le plus avancé, l'élève doit être capable de manipuler mentalement les solides et les figures (Marchand, 2009; Thibault, 2013). Selon Marchand (2009), ce dernier niveau est amorcé au primaire, mais il est davantage maîtrisé au secondaire. À la fin de ce stade, l'élève pourra réaliser mentalement des transformations sur les figures et les solides.

Modèle d'habiletés spatiales (Uttal et al., 2013)

Le modèle d'habiletés spatiales créé par Uttal et ses collaborateurs (2013) fait référence aux habiletés et aux compétences que les individus développent. Plus précisément, les habiletés spatiales se développent par les interactions avec l'environnement (Uttal et al., 2013). Le modèle d'habiletés spatiales se base sur deux dimensions : la dimension statique ou dynamique ainsi que la dimension intrinsèque ou extrinsèque. Voici une schématisation du modèle d'habiletés spatiales.

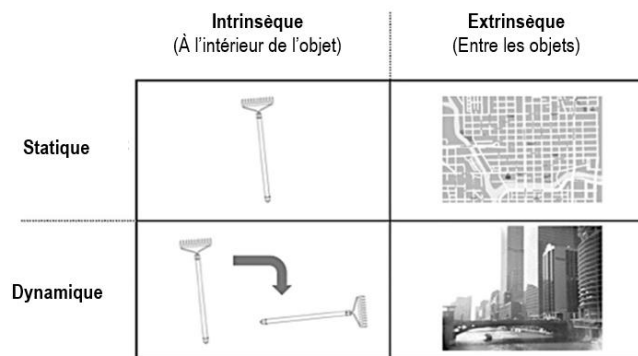


Figure 3: Modèle d'habiletés spatiales

Uttal et al., 2013, p.354.

Les dimensions

Selon Uttal et ses collaborateurs (2013), la dimension statique implique deux objets (ou plus), toutefois l'objet principal demeure stationnaire. La dimension dynamique fait référence aux différents mouvements des objets. S'ajoute à cela la dimension intrinsèque qui renvoie à l'objet lui-même et la dimension extrinsèque qui met en relation plusieurs objets (Uttal et al., 2013). Plus précisément, cette figure sert de classification afin de mesurer les habiletés spatiales des individus entre les quatre dimensions. Par exemple, la reconnaissance d'un livre sur une étagère fait référence aux dimensions intrinsèque et statique. Cependant, la rotation mentale du livre renvoie aux dimensions intrinsèque et dynamique.

Modèle de Clements et Sarama (2009)

Selon Clements et Sarama (2009), le raisonnement spatial implique la position ainsi que le déplacement d'objets ou de soi, mentalement ou physiquement, dans un espace. À notre connaissance, c'est le seul modèle du raisonnement spatial qui a été élaboré de la naissance de l'enfant jusqu'à ses huit ans. C'est le premier et le seul modèle trouvé lors de notre recension des écrits comportant tous nos critères d'inclusion.

Le modèle du raisonnement spatial de Clements et Sarama (2009) se divise en deux sous-dimensions : l'orientation spatiale ainsi que la visualisation spatiale/imagerie. Dans les paragraphes qui suivent, les deux sous-dimensions seront définies plus en profondeur.

L'orientation spatiale

L'orientation spatiale implique la compréhension et l'exploitation des relations entre les différentes positions dans l'espace (Sarama & Clements, 2009). Tout comme les nombres, l'orientation spatiale est une habileté présente dès la naissance (Clements & Sarama, 2009). En effet, les bébés focalisent sur des objets et suivent très tôt leurs déplacements.

Dès son jeune âge, l'enfant crée des représentations mentales de son espace. Ces représentations se distinguent en deux catégories : les systèmes de base externes et les systèmes à développement tardif externes. Premièrement, les systèmes de base externes sont reliés aux positionnements et aux mouvements de l'enfant. Par exemple, un bébé sait qu'il doit tourner sa tête vers la gauche s'il veut voir sa mère (à gauche) cuisiner lorsqu'il est dans sa chaise haute, il sait dans quelle direction regarder pour l'apercevoir. Ce système se développe très tôt dans la vie du nouveau-né. Deuxièmement, les systèmes externes à développement tardif sont reliés à la distance approximative et à la direction des mouvements de l'enfant. Ainsi, un enfant d'un an peut trouver des stratégies pour retrouver son chemin. Les enfants d'âge préscolaire peuvent par exemple dessiner un petit plan de la maison à l'école.

Lors de sa deuxième année de vie, l'enfant développe sa pensée symbolique, cette pensée est essentielle au développement de plusieurs dimensions en mathématiques, dont la pensée spatiale (Sarama & Clements, 2009). L'enfant apprend à voir les objets sous différentes perspectives et à se déplacer dans des endroits plus vastes. Avant l'âge scolaire, les enfants ont besoin de faire les mouvements et les déplacements demandés; ils ne peuvent pas seulement visualiser leur déplacement (Sarama & Clements, 2009). Dès l'âge de deux ans, les enfants ont les compétences cognitives pour acquérir du vocabulaire relié au langage spatial et comprendre sa signification (Sarama & Clements, 2009). Toujours selon Sarama et Clements (2009), les premiers mots acquis par les enfants sont souvent « en haut », « en bas », « dedans » et « dessus ». Toutefois, selon une étude de Thomson, Rowe, Underwood et Peck (2005), seulement 25 à 41% des enfants de quatre ans de milieux défavorisés comprennent le vocabulaire plus spécifique (en-dessous, sur, derrière, devant, entre, à la droite de, à la gauche de) relié au raisonnement spatial.

La visualisation spatiale et l'imagerie

La deuxième sous-dimension, la visualisation spatiale et l'imagerie est :

la capacité, le processus et le produit de la création, l'interprétation, l'utilisation et la réflexion sur des photos, des images, des diagrammes, dans notre esprit, sur le papier, ou avec des outils technologiques, dans le but de représenter des idées inconnues et la compréhension avancée (Clements & Sarama, 2009, p.183).

La visualisation spatiale implique la compréhension et l'exécution imaginée de transformations d'objet en deux ou trois dimensions, y compris les motions, l'appariement et la combinaison. Les images mentales sont les représentations internes d'objets qui apparaissent similaires à leurs référents. Pour Clements et Sarama (2009), les enfants ont d'abord besoin de manipuler les objets pour gravir la progression développementale du raisonnement spatial (Tableau 1). Les auteurs spécifient que selon les expériences de l'enfant et ses différences individuelles, sa progression sera unique (Clements & Sarama, 2009). La progression développementale du raisonnement spatial prend en compte les deux sous-dimensions soit : l'orientation spatiale et la visualisation spatiale / imagerie.

Tableau 1. Progression développementale du raisonnement spatial

<i>Âge (ans)</i>	<i>Progression développementale</i>	<i>Actions sur les objets L'enfant peut :</i>
<i>Orientation spatiale (incluant les cartes et les coordonnées)</i>		
0-2	<i>Utiliser des points de repère et des trajectoires</i>	<i>Utiliser un point de repère de distance pour trouver un objet ou une localisation près de l'objet, s'il n'a pas personnellement déplacé le point de repère en lien avec l'objet. Comprendre le vocabulaire de base en lien avec les relations spatiales et la localisation (près de, à côté, par-dessus, en bas).</i>
2-3	<i>Utiliser un cadre centré sur lui-même</i>	<i>Utiliser des points de repère éloignés pour trouver des objets ou une localisation près d'eux, même après que l'enfant se soit déplacé lui-même par rapport aux points de repère, si l'objet ciblé par la tâche est spécifié à l'avance.</i>
4	<i>Utiliser un cadre local restreint</i>	<i>Localiser des objets après des déplacements, même si l'objet ciblé n'est pas précisé à l'avance. Explorer complètement un espace restreint, souvent en utilisant un modèle de recherche circulaire.</i>
5	<i>Utiliser un cadre local</i>	<i>Repérer les objets après plusieurs déplacements (associer plusieurs positions séparément de sa propre position) en conservant la forme générale de l'agencement des objets dans l'espace. Représenter les positions des objets en relation avec des points de repère (exemple : environ à mi-chemin entre deux points de repère) et maintenir la conscience de sa propre position dans des aires ouvertes et des labyrinthes.</i>
6	<i>Utiliser des cartes</i>	<i>Localiser des objets en utilisant une carte qui contient des indications visuelles. Extrapoler deux coordonnées, comprendre leur intégration par rapport à une position donnée en plus d'utiliser des étiquettes de coordonnées lors de situations simples.</i>
7	<i>Tracer des coordonnées</i>	<i>Lire et tracer des coordonnées sur des cartes.</i>
8+	<i>Suivre des cartes routières Utiliser des cadres</i>	<i>Suivre une carte de route simple avec plus de précision quant aux directions et aux distances. Utiliser des cadres généraux qui incluent l'enfant lui-même comme observateur et des points de repère.</i>
<i>Visualisation spatiale et imagerie</i>		
0-3	<i>Translation simple</i>	<i>Déplacer des formes vers une destination.</i>
4	<i>Rotation simplement</i>	<i>Tourner mentalement un objet lors de tâches simples.</i>
5	<i>Débuter : translation, réflexion et rotation</i>	<i>Utiliser les bons mouvements, mais pas toujours dans la bonne direction et en bonne quantité.</i>

		<i>Savoir qu'une forme doit être retournée pour ressembler à une autre, mais il arrive de la retourner dans le mauvais sens.</i>
6	<i>Opération de translation, de réflexion et de rotation</i>	<i>Réaliser des translations et des réflexions, souvent seulement sur les axes verticaux et horizontaux, en s'aidant par la manipulation. Effectuer des rotations de 45, 90 et 180 degrés. Comprendre qu'une forme doit être tournée de 90 degrés vers la droite pour l'insérer dans un casse-tête.</i>
7	<i>Déplacer en diagonale</i>	<i>Réaliser des translations et des réflexions sur les axes diagonaux.</i>
8+	<i>Déplacer des formes mentalement</i>	<i>Prédire le résultat de bouger des formes en utilisant la représentation mentale.</i>

Sources: Clements et Sarama, 2009, p.194-197.

Une des caractéristiques de ce modèle est le fait qu'il possède un continuum entre les sous-dimensions de la progression développementale. Les enfants ne passent pas d'un niveau à un autre instantanément. La maîtrise du niveau précédent est nécessaire pour passer au niveau suivant de la progression développementale. Dans la discussion, il sera question de synthétiser l'information sur les quatre modèles présentés selon l'objectif de la recension.

Discussion

Cette étude visait à explorer la littérature au regard des modèles de raisonnement spatial à l'éducation préscolaire. Quatre modèles au regard du raisonnement spatial ont été répertoriés. Toutefois, cette recension établit qu'il n'existe qu'un seul modèle de raisonnement spatial défini spécifiquement à l'éducation préscolaire. En effet, les dimensions du modèle de Marchand (2009) débutent lors de la scolarisation de l'élève, soit en première année du primaire. Tandis que, pour le modèle de Frosting et Home (1972), l'âge n'est pas spécifié pour chacune des habiletés et il ne possède pas de support empirique direct (Thibault, 2013). On suppose toutefois que ce modèle débute assez tôt puisque la première habileté, la coordination visuomotrice, implique la synchronisation de la vision aux mouvements du corps. Cette habileté se fait dès le jeune âge de l'enfant. Par ailleurs le modèle d'Uttal et ses collaborateurs (2013) est surtout utilisé dans des études en psychologie visant à mesurer les habiletés spatiales à la suite d'exercices.

Il apparaît que le niveau zéro du modèle de Marchand (2009) pourrait correspondre à la progression développementale « opération de translation, de réflexion et de rotation » du modèle de Clements et Sarama (2009), l'habileté quatre « perception de la position dans l'espace » du modèle de Frosting et Home (1972) et la dimension dynamique du modèle d'Uttal et ses collaborateurs (2013). En effet, pour chaque modèle, il apparaît que les enfants aient besoin de voir concrètement les solides ou les objets pour effectuer des déplacements par exemple. Les enfants doivent faire concrètement le mouvement de déplacement avant de le visualiser. En ce qui concerne le niveau un du modèle de Marchand (2009), il correspond à « déplacer en diagonale » sur la progression développementale (Clements & Sarama, 2009), à l'habileté sept « mémoire visuelle » du modèle de Frosting et Home (1972) et la dimension dynamique du modèle d'Uttal et ses collaborateurs (2013). Dans chacun des modèles, il s'agit pour l'élève de se représenter mentalement les objets, leurs déplacements. Les enfants visualisent et intériorisent les changements subits aux figures. On constate donc qu'il y a des regroupements qui peuvent être faits entre les modèles. Un certain consensus semble réunir les chercheurs. En effet, pour Marchand (2009), qui a développé son modèle dès la scolarisation des enfants, le niveau zéro correspond environ à un élève de six ans. La correspondance est parfaite avec la progression développementale « opération de translation, de réflexion et de rotation » de Clements et Sarama (2009) qui arrive vers l'âge de six ans également. Il n'y a pas d'indication d'âge pour le modèle de Frosting et Home (1972). Toutefois, il y a une habileté qui correspond à la définition du niveau zéro de Marchand (2009). Considérant le fait que certaines définitions se retrouvent dans trois modèles, on peut conclure qu'il

y a une certaine compréhension commune du concept du raisonnement spatial chez les différents auteurs. Le modèle d'habiletés spatiales d'Uttal et ses collaborateurs (2013) n'a pas d'indicateurs en ce qui concerne la progression des individus à travers les dimensions.

De manière plus précise, la progression développementale du raisonnement spatial de Clements et Sarama (2009) précise deux sous-dimensions : l'orientation spatiale et la visualisation spatiale/imagerie qui se développent dès la naissance. Les chercheurs précisent que chaque enfant est différent, de par ses expériences, son environnement et sa culture. Il en est de même pour sa progression développementale (Clements & Sarama, 2009). Les âges donnés dans le tableau 1 de la progression développementale du raisonnement spatial le sont à titre de référents.

Conclusion

Pour conclure, l'objectif de cette recension des écrits était d'explorer la littérature au regard des modèles de raisonnement spatial à l'éducation préscolaire. La recension des écrits montre le peu de modèles et le peu d'études recensées sur le raisonnement spatial à l'éducation préscolaire. Ce qui démontre également le manque de connaissances scientifiques en lien avec ce concept mathématique. Puisque le raisonnement spatial des enfants de cinq ans est associé à leur réussite éducative en 3^e année du primaire au regard des mathématiques et des sciences (Gunderson *et al.*, 2012), il apparaît essentiel d'approfondir les recherches sur ce concept.

Malgré la limite de cette recension, liée au nombre restreint d'articles scientifiques sur ce sujet, il demeure que nos résultats permettent de mettre en relation quatre modèles sur le raisonnement spatial. Les données de cette recension pourront servir à définir de manière plus précise l'objet d'une recherche plus vaste et être notamment réinvesties dans la formation et l'accompagnement des enseignantes à l'éducation préscolaire afin de développer le concept de raisonnement spatial chez les enfants.

REFERENCES

- Clements, D. H., & Sarama, J. (2012). Mathematics learning, assessment, and curriculum. In R. C. Pianta, L. Justice, S. W. Barnett, & S. Sheridan (Eds), *Handbook of early education* (pp. 217-239). New York: Guilford.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2009). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. New York: Routledge.
- Cornoldi, C., & Vecchi, T. (2003). *Visuo-spatial working memory and individual differences*. Psychology Press: Hove.
- Del Grande, L. (1990). Spatial sense. *Arithmetic Teacher*, *Février*, 14-20.
- Dexter, C. A., & Stacks, A. M. (2014). A preliminary investigation of the relationship between parenting, parent-child shared reading practices and child development in low-income families. *Journal of Research in Childhood Education*, *28*, 394-410.
- Frosting, M., & Home, D. (1972). *The Frosting Program for the Development of Visual Perception*. Chicago: Follet Publishing.
- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Beilock, S., & Levine, S. C. (2012). The relation between spatial skill and early number knowledge: The role of the linear number line. *Developmental Psychology*, *48*, 1229-1241. doi:10.1037/a0027433.
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. In L. Puig et A. Gutierrez (Eds.), *Proceedings of the 20th PME International Conference*. (pp. 3-19). Valence : Université de Valence.
- Hoffer, A.R. (1977). *Mathematics Resource Project: Geometry and visualization*. Palo Alto: Creative Publications.
- Jirout, J., & Newcombe, N. (2015). Building Blocks for Developing Spatial Skills. *Psychological Science*, *26*(3), 302-310. Marchand, P. (2009). Le développement du sens spatial au primaire. *Bulletin de l'AMQ*, *49*(3), 63-79.

- Nguyen, T., Watts, T., Duncan, G.J., Clements, D. H., Sarama, J., Wolfe, C., & Spitler, M. E. (2016). Which preschool mathematics competencies are more predictive of fifth grade achievement? *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 550-560.
- Pagani, L.S., Jalbert, J., & Girard, A. (2006). Does preschool enrichment of precursors to arithmetic influence intuitive knowledge of number in low income children? *Early Childhood Educational Journal*, 34(2), 133-146.
- Sarama, J. (2002). Technology in early childhood mathematics: Building Blocks as an innovative technology-based curriculum. In D. H. Clements, J. Sarama, & A. M. DiBiase (Eds.), *Engaging young children in mathematics: standards for early childhood mathematics education* (pp.361-375) Lieu d'édition: Maison d'édition.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). *Early Childhood Mathematics Education Research: Learning Trajectories for kids*. Buffalo: Routledge Edition.
- Thibault, J. C. (2013). *L'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial d'enfants du premier cycle du secondaire*. Mémoire de maîtrise inédit, Université du Québec à Rimouski, Rimouski.
- Thomson, S., Rowe, K., Underwood, C., & Peck, R. (2005). *Numeracy in the early years: Project good Start*. Camberwell, Victoria: Australian Council for Educational Research.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. ., Alden, A. R., Warren, C. & Newcombe, N. S. (2013). The Malleability of Spatial Skills : A Meta-Analysis of Training Studies. *Psychology Bulletin*, 139(2), 352-402.
- Verdine, B.N., Golinkoff, R. M., Filipowick, A., Chang, A., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2014). Deconstructing Building Blocks: Preschoolers' Spatial Assembly Performance Relate to Early Mathematical Skills. *Child Development*, 85(3), 1062-1076.
- Vygotsky, L. S. (1934, 1986). *Mind and Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

LES AUTEURES

Charlaine St-Jean M.A.: est doctorante en éducation et chargée de cours à l'Université du Québec en Outaouais. Elle est également membre étudiante externe de la Marsico Institute of Early Learning de la Denver University (Colorado) et de l'Équipe de recherche Qualité des contextes éducatifs de la petite enfance.

Johanne April Ph.D.: est professeure titulaire à l'Université du Québec en Outaouais et membre chercheure de l'Équipe de recherche Qualité des contextes éducatifs de la petite enfance.

Nathalie Bigras Ph.D.: est professeure titulaire à l'Université du Québec à Montréal et directrice scientifique de l'Équipe de recherche Qualité des contextes éducatifs de la petite enfance.

Marilyn Dupuis-Brouillette: est étudiante à la maîtrise en orthopédagogie et chargée de cours à l'Université du Québec en Outaouais.