

Relations entre la qualité des interactions enseignante- enfants et le développement du raisonnement spatial des enfants de maternelle quatre ans à temps plein en milieu défavorisé

Charlaine St-Jean
Université du Québec à Rimouski

Johanne April
Université du Québec en Outaouais

Nathalie Bigras
Université du Québec à Montréal

Christophe Maïano
Université du Québec en Outaouais

Marilyn Dupuis-Brouillette
Université du Québec à Rimouski

Résumé

Le présent article a pour but d'étudier le rôle prédictif de la qualité des interactions enseignante-enfants sur le développement du raisonnement spatial chez des enfants de la maternelle quatre ans à temps plein en milieu défavorisé. L'échantillon apparié est composé, d'une part, de 232 enfants (130 filles, 102 garçons) âgés de 58,29 mois ($ÉT = 4.93$) et de 8 enseignantes titulaires d'un baccalauréat en enseignement, ayant en moyenne 12,2 ans d'expérience en enseignement à l'éducation préscolaire ($ÉT = 5.45$). Des analyses de régressions multiples à effet mixte montrent que les dimensions et sous-dimensions de la qualité des interactions enseignante-enfants prédisent significativement et positivement les sous-tests du raisonnement spatial. Cette étude soulève l'importance d'améliorer la qualité des interactions enseignante-enfants afin de favoriser le développement du raisonnement spatial des enfants de la maternelle quatre ans.

Mots-clés : qualité des interactions, raisonnement spatial, éducation préscolaire, maternelle

Abstract

The purpose of this article is to examine the predictive role of the quality of teacher-child interactions on the development of spatial reasoning in full-time kindergarten four-year-old children in underprivileged settings. The matched sample is made up, on the one hand, of 232 children (130 girls, 102 boys) aged 58.29 months ($SD = 4.93$), and eight teachers holding a baccalaureate, having in average 12.2 years of teaching experience in preschool ($SD = 5.45$). Multiple mixed-effect regression analyzes showed that dimensions and sub dimensions of the quality of teacher-child interactions significantly and positively predicted the subtests of the spatial reasoning. This study highlights the importance of improving the quality of interactions in order to promote the development of spatial reasoning in four-year-olds.

Keywords: teacher-child interactions, spatial reasoning, preschool education, kindergarten

Introduction

Plusieurs résultats de recherches quantitatives révèlent que le développement des notions en mathématiques, et plus particulièrement le concept du raisonnement spatial, contribue à la réussite éducative des enfants et facilite l'apprentissage des sciences au primaire (Clements et al., 2017; Clements et Sarama, 2009; Gunderson et al., 2012). Such curricula's impacts on oral language and early literacy skills are not known. This project is the first to investigate the effects of an intensive pre-kindergarten mathematics curriculum, Building Blocks, on the oral language and letter recognition of children participating in a large-scale cluster randomized trial project. Results showed no evidence that children who were taught mathematics using the curriculum performed differently than control children who received the typical district mathematics instruction on measures of letter recognition, and on two of the oral language (story retell). À cet effet, une recherche de Gunderson et ses collaborateurs (2012) témoigne d'un lien entre le raisonnement spatial développé chez les enfants de cinq ans et leur réussite éducative en troisième année du primaire au regard des mathématiques et des sciences. En outre, de plus en plus d'études soulignent l'importance de s'attarder au concept du raisonnement spatial, particulièrement auprès des enfants issus d'un milieu défavorisé. En effet, ces enfants seraient moins exposés aux différents termes reliés au raisonnement spatial (Gunderson et al., 2012; Verdine et al., 2014). Dans le même sens, les écrits démontrent que les enseignantes à l'éducation préscolaire travaillent surtout le concept de littératie (Flynn, 2018) au détriment du concept de raisonnement spatial. Au-delà de l'importance du raisonnement spatial pour la réussite éducative et scolaire ultérieure, plusieurs études établissent que la qualité des interactions enseignante-enfants serait aussi associée à un niveau de développement de raisonnement spatial supérieur (Clements et al., 2017; Copple et al., 2011; Pianta et al., 2008).

Le présent article s'appuie sur une étude qui se veut inédite par son plan de recherche et son approche analytique. Le plan de recherche inclut un groupe d'enseignantes de classes de maternelle quatre ans. Celles-ci et les enfants de leurs classes ont été observés deux fois par année sur une période de quatre ans. L'approche analytique nous renseigne sur les liens entre la qualité des interactions enseignante-enfants et le développement du raisonnement spatial dans le contexte de la maternelle quatre ans à temps plein en milieu défavorisé (TPMD). Ces stratégies de collecte et d'analyse permettent d'affiner les connaissances actuelles sur le développement du raisonnement spatial soutenu par des

pratiques enseignantes de qualité. En cohérence avec ce qui précède, une question se dégage : quelles sont les relations entre la qualité des interactions enseignante-enfants et le développement du raisonnement spatial chez des enfants de classes de maternelle quatre ans à temps plein en milieu défavorisé (TPMD) ?

Fondements conceptuels et état de la recherche

L'importance de la qualité des interactions

Dans le cadre de la profession enseignante, les interactions entre les adultes et les enfants, tout comme les interactions entre enfants, constituent un joyau de l'enseignement, et ce, au même titre que les compétences en gestion de la classe ou en communication. À cet effet, une méta-analyse publiée par Sabol et ses collaborateurs (2013) souligne que la qualité des interactions enseignante-enfants constituerait un prédicteur significatif de la réussite éducative de l'enfant de quatre ans. On y souligne que la qualité des interactions enseignante-enfants serait une composante essentielle à la qualité du milieu éducatif (Sabol et al., 2013). De plus, la qualité des interactions en classe est reconnue comme étant l'élément le plus déterminant de la qualité du milieu éducatif en soutenant à long terme l'adaptation sociale, émotionnelle et comportementale de l'enfant (Pianta et al., 2008). Anders et ses collaborateurs (2013) mentionnent que le niveau de qualité des interactions entre l'enseignante et les enfants âgés de trois à cinq ans aurait des répercussions sur le développement des notions en mathématiques, dont le raisonnement spatial, dès la première année du primaire. Toutefois, certains enfants, dont ceux issus de milieux défavorisés, n'auraient pas encore acquis les notions en raisonnement spatial et les connaissances préalables lors de leur entrée à l'éducation préscolaire (Pelletier et al., 2006). Pour expliquer ce phénomène, on évoque que certains milieux éducatifs ou familiaux offriraient moins d'opportunités d'interactions sociales dans leur environnement (Pelletier et al., 2006). D'ailleurs, certains mentionnent que les interactions chaleureuses et stables amèneraient davantage l'exploration et la découverte chez l'enfant et, par conséquent, favoriseraient l'éveil aux mathématiques (Howes et Ritchie, 2002).

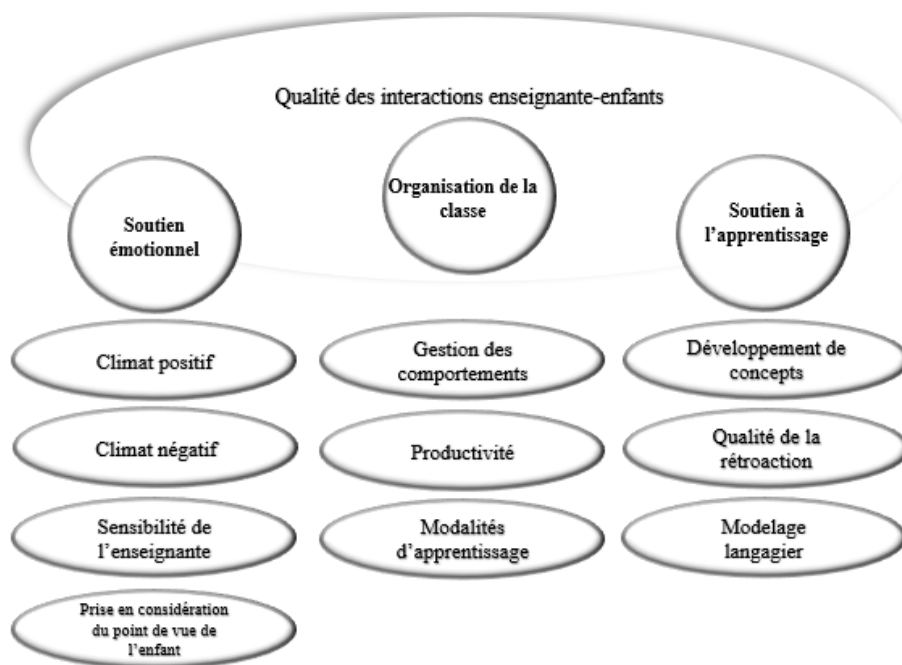
L'évolution des conceptions sur la qualité des interactions

Un certain nombre d'études ont cherché à comprendre comment l'apprentissage et le développement cognitif des enfants peuvent se développer par les interactions sociales qui ont lieu entre l'enseignante et l'enfant, et comment ces interactions favorisent les apprentissages de ce dernier (Burchinal et al., 2008 ; Curby et al., 2009 ; De Kruif et al., 2000 ; Durand, 2013). Une recension des écrits réalisée par Venet et ses collaborateurs (2008) les a menés à croire que la qualité des interactions peut être influencée par deux dimensions : la qualité structurelle et la qualité des processus. D'une part, la qualité structurelle concerne entre autres les caractéristiques professionnelles de l'enseignante — ses années d'expérience, son niveau d'études — et les caractéristiques de la classe, comme le ratio enseignante/enfants. En ce sens, lorsque les caractéristiques structurelles répondent à des normes spécifiques (détenir un baccalauréat, le nombre d'enfants par classe, le salaire des enseignantes), la qualité structurelle se tiendrait à un niveau favorable (Venet et al., 2008). D'autre part, différents chercheurs conceptualisent la qualité des processus relationnels et explicatifs (Pianta, 1999 ; Varghese, 2017 ; Venet et al., 2008). Par exemple, lorsque l'enseignante est sensible au vécu d'un enfant, elle se situe dans un processus relationnel. Si elle modélise un apprentissage, elle est davantage dans un processus explicatif. Se fondant sur ces dernières études, la première classification de Pianta (1999) repose sur trois dimensions : la proximité, le conflit et la relation de dépendance. La dimension de proximité renvoie aux interactions chaleureuses entre l'enseignante et l'enfant, où la communication est fréquente et positive, ce qui permet de développer une relation de confiance (Pianta, 1999). Or, la dimension de conflit réfère aux interactions négatives. Finalement, la dimension de dépendance stipule l'importance de privilégier l'autonomie de l'enfant dans ses interactions, ce qui l'amène à explorer son environnement et à réaliser des apprentissages (Pianta, 1999).

En complément de ces conclusions, Pianta et ses collaborateurs (2008) ont identifié trois domaines de la qualité des interactions enseignante-enfants. Ce modèle se concentre sur les processus proximaux qui sont observés dans le contexte éducatif, soit les interactions qui ont lieu entre l'enseignante et les enfants (Pianta et al., 2008). Il s'agit du soutien émotionnel, de l'organisation de la classe et du soutien à l'apprentissage. Chacun de ces trois domaines est constitué de dimensions auxquelles s'ajoutent des sous-dimensions (Figure 1).

Figure 1

Qualité des interactions enseignante-enfants (Pianta et al., 2008, adaptée par St-Jean, 2020)



Le premier domaine du modèle de la qualité des interactions enseignante-enfants (Pianta et al., 2008) est le soutien émotionnel. Il renvoie à la sensibilité et à la réceptivité de l'adulte à l'égard des enfants, à la présence d'affects positifs en classe et à la valorisation de l'autonomie des enfants (Pianta et al., 2008). Le deuxième domaine du modèle (Pianta et al., 2008) concerne l'organisation de la classe. À cet effet, l'organisation de la classe concerne l'aménagement de l'environnement sur le plan spatiotemporel, de même que la façon de gérer les comportements des enfants afin qu'ils s'engagent dans les activités proposées par l'enseignante (Curby et al., 2009). Finalement, le troisième domaine, le soutien à l'apprentissage, renvoie à l'accompagnement de l'enseignante dans le développement cognitif et langagier de l'enfant (Early et al., 2017; Sandilos et al., 2014). Ce domaine souligne notamment que l'apprentissage par le jeu favorise l'intérêt des enfants envers l'apprentissage soutenu grâce à la création d'un environnement propice par l'enseignante. En somme, des interactions enseignante-enfants de qualité élevée permettent d'offrir des situations

d'apprentissage riches, diversifiées et adaptées aux besoins des enfants, ce qui leur permet de développer leur capacité à raisonner, à se questionner et à élaborer des stratégies.

L'importance du raisonnement spatial

Dès la petite enfance, l'enfant est amené à développer des notions d'éveil aux mathématiques en situation de jeu lui permettant de demeurer actif dans ses apprentissages, ce qui le prépare à l'apprentissage formel ultérieur des mathématiques (Greenes, 1999 ; National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000 ; Pappas et al., 2003). Plus précisément, les enfants qui joueraient avec des casse-têtes et des blocs avec leurs parents, entre l'âge de 26 et 46 mois, auraient des habiletés de raisonnement spatial plus développées à l'âge de quatre ans (Levine et al., 2012). Little is known about the early experiences that may contribute to these differences. The current study examined the relation between children's early puzzle play and their spatial skill. Children and parents (n = 53). Les chercheurs pensent d'ailleurs que le raisonnement spatial se développe lorsque les enfants jouent avec des blocs (Casey et al., 2008), et plus spécifiquement lorsque les parents jouent activement avec eux (Ferrara et al., 2011). À cet effet, les parents utiliseraient plus souvent des mots de vocabulaire reliés au raisonnement spatial (dedans, par-dessus, en dessous, etc.) et échangeraient plus fréquemment avec leur enfant lors de la construction avec des blocs (Casey et al., 2008 ; Durand, 2013 ; Ferrara et al., 2011). Par contre, lors de leur étude, Ferrara et ses collaborateurs (2011) ont observé que les parents issus de milieux défavorisés utilisaient moins de mots de vocabulaire reliés au raisonnement spatial avec leur enfant. Ainsi, il appert que certaines études ont tenté d'établir des liens entre le développement du raisonnement spatial des jeunes enfants, leur réussite future en mathématiques et l'importance des interactions de qualité entre l'enseignante et l'enfant (Ferrara et al., 2011 ; Levine et al., 2012). Toutefois, Verdine et ses collaborateurs (2017) concluent à un manque de recherches en ce qui concerne le développement du raisonnement spatial chez les enfants à l'éducation préscolaire. Pour expliquer ce phénomène, les chercheurs évoquent en particulier le manque d'activités de développement du raisonnement spatial proposées par les enseignantes à l'éducation préscolaire (Verdine et al., 2017). Effectivement, dans les études présentées précédemment, ce sont les chercheurs eux-mêmes qui ont introduit les activités reliées au raisonnement spatial.

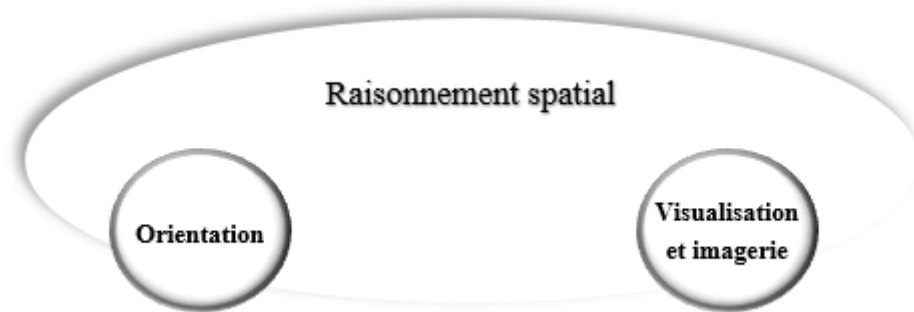
L'évolution des conceptions sur le raisonnement spatial

Plusieurs chercheurs se sont intéressés au raisonnement spatial, au sens spatial et à la visualisation spatiale (Clements et Sarama, 2009 ; Davis et the Spatial Reasoning Study Group, 2015 ; Frostig et Horne, 1972 ; Marchand, 2009, 2020 ; Moss et al., 2016 ; St-Jean et al., 2017 ; Uttal et al., 2013). Néanmoins, selon la revue de la littérature de Gutiérrez (1992), les différents termes font partie d'un seul concept : le raisonnement spatial. À la suite d'une méta-analyse réalisée à partir d'une recension de tests psychométriques, Uttal et ses collaborateurs (2013) définissent le raisonnement spatial en faisant référence aux notions et aux compétences que les individus développent lors de leurs interactions avec l'environnement. Les chercheurs concluent que les notions spatiales se fractionnent en deux éléments : l'habileté statique ou dynamique, et l'habileté intrinsèque ou extrinsèque. Pour ces chercheurs, l'habileté statique implique au moins deux objets où l'objet principal demeure stationnaire. L'habileté dynamique renvoie aux différents mouvements des objets. S'ajoutent à cela l'habileté intrinsèque, qui se rapporte à l'objet lui-même, et l'habileté extrinsèque, qui met en relation plusieurs objets (Uttal et al., 2013). Dans l'étude de Marchand (2009), le sens spatial renvoie à tout ce qui est en lien avec l'organisation d'un espace; elle désigne également une suite de niveaux selon lesquels l'apprentissage scolaire des connaissances spatiales et géométriques peut se dérouler. De surcroît, l'objectif final pour l'enfant est de manipuler et de transformer mentalement des figures à deux ou trois dimensions dans une séquence à trois niveaux. Au niveau 0, l'enfant a visuellement accès en tout temps aux figures et aux solides avec lesquels il travaille et les actions réalisées sont concrètes. Au niveau 1, l'enfant doit visualiser mentalement les figures et les solides en les intériorisant. Au niveau 2, l'enfant doit manipuler mentalement les solides et les figures. Toujours selon Marchand (2009, 2020), ce dernier niveau est amorcé au primaire, mais maîtrisé au secondaire.

Les avancées de la recherche en éducation à la petite enfance ont mené au postulat que le raisonnement spatial se divise en deux grandes habiletés : l'orientation spatiale d'une part, et la visualisation spatiale et l'imagerie d'autre part (Figure 2) (Clements et Sarama, 2009).

Figure 2

Raisonnement spatial (Clements et Sarama, 2009, adaptée par St-Jean, 2020)



Les caractéristiques de la première habileté, soit l'habileté d'orientation spatiale, concernent tant la compréhension que l'exploitation des relations entre les différentes positions dans l'espace, impliquant l'acquisition et la compréhension du vocabulaire associé aux concepts spatiaux ainsi que la localisation des objets dans l'espace (Clements et Sarama, 2009). Cette habileté soutient l'enfant lors de ses déplacements et lui permet de discerner les différentes perspectives. Les caractéristiques de la seconde habileté, soit l'habileté de visualisation spatiale et d'imagerie, sollicitent que l'enfant visualise et transforme mentalement les objets en utilisant principalement des rotations (Clements et Sarama, 2009). Cette habileté se concentre sur la visualisation et la transformation mentale des images. L'enfant doit visualiser mentalement les objets en les intériorisant (Marchand, 2009).

Le contexte de la qualité des interactions enseignante-enfants et le raisonnement spatial

La présente étude se déroule dans le contexte de la maternelle quatre ans TPMD et s'intéresse aux relations entre la qualité des interactions enseignante-enfants et le développement du raisonnement spatial. Arrivant avec un héritage personnel, ces enfants développent le raisonnement spatial à travers l'environnement. Autrement dit, le développement du raisonnement spatial se fait selon une progression des habiletés, selon ses caractéristiques et ses compétences personnelles (Sarama et Clements, 2014). Toutefois,

afin de faire progresser l'enfant à travers la notion de raisonnement spatial, il est important que les ressources qui gravitent dans l'environnement de l'enfant, dont l'enseignante fait partie, puissent le soutenir par des situations d'apprentissage significatives et des interactions de qualité (Varghese, 2017). Ceci explique l'importance accordée au rôle de la qualité des interactions enseignante-enfants dans l'étude du développement du raisonnement spatial. En effet, afin de soutenir le développement du raisonnement spatial de l'enfant, il importe que l'environnement éducatif, et plus spécifiquement le rôle initial de l'enseignante, le soutienne en s'appuyant sur des interactions de qualité.

L'objectif de recherche

L'objectif de cette recherche était d'étudier le rôle prédictif de la qualité des interactions enseignante-enfants (c'est-à-dire le soutien émotionnel, l'organisation de la classe et le soutien à l'apprentissage) sur le développement du raisonnement spatial (c'est-à-dire les habiletés d'orientation, de visualisation et d'imagerie, l'habileté d'orientation spatiale, et les matrices et concepts en images) des enfants à la maternelle quatre ans TPMD.

Méthodologie

Cette recherche s'inscrit dans une étude plus vaste, amorcée en 2012, portant sur les conditions d'implantation de la maternelle quatre ans TPMD dans cinq classes de maternelle. Ce volet adopte une méthodologie quantitative utilisant des analyses de régression visant à évaluer l'effet prédictif de la qualité des interactions enseignante-enfants sur le développement du raisonnement spatial des enfants de la maternelle quatre ans TPMD.

Les participants

Le projet de recherche initial a été autorisé en 2012 par le Comité d'éthique et de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec en Outaouais. L'échantillon de cinq classes de maternelle quatre ans TPMD a été ciblé par le ministère de l'Éducation du Québec au sein de quatre centres de services scolaires du Québec. Il s'agit d'un échantillon de convenance de type «échantillon intentionnel» (Creswell, 2012).

Tout d'abord, l'échantillon se compose de huit enseignantes de la maternelle quatre ans TPMD. Ces enseignantes détiennent en moyenne 19,6 années d'expérience en enseignement ($\text{ÉT} = 5.73$), et 12,2 années ($\text{ÉT} = 5.45$) d'expérience dans une classe de maternelle 4 et 5 ans. La totalité des enseignantes ($n = 8$) détient un baccalauréat en enseignement : cinq (62,5 %) d'entre elles détiennent un baccalauréat en éducation préscolaire et enseignement primaire (BEPP); deux autres enseignantes (25 %) détiennent un baccalauréat en enseignement en adaptation scolaire (BEAS); enfin, une enseignante (12,5%) détient un baccalauréat en enseignement au secondaire (BES). Les classes comptent de 4 à 18 enfants par groupe ($M = 14.6$, $\text{ÉT} = 3.68$).

Ensuite, l'échantillon apparié est composé de 232 enfants âgés de 4 et 5 ans recrutés au cours des 4 années du projet. Ils sont âgés en moyenne de 58,29 mois (dans l'année scolaire, $\text{ÉT} = 3.60$ mois). Concernant leur langue d'expression maternelle, 50,86 % ($n = 118$) des enfants sont francophones, 25 % ($n = 58$) sont anglophones, et 24,14 % ($n = 56$) ont une autre langue maternelle (p. ex., arabe, chinois, italien, espagnol, etc.).

L'instrumentation

Les paragraphes suivants présentent les différents instruments utilisés auprès des enfants et des enseignantes afin de répondre à l'objectif de la recherche.

Raisonnement spatial : Wechsler preschool and primary scale of intelligence III (WPPSI-III)

Afin de mesurer le niveau de développement du raisonnement spatial des enfants de quatre ans, l'échelle de Performance du *Wechsler preschool and primary scale of intelligence* (WPPSI-III) a été utilisée. Largement, le WPPSI-III (Wechsler, 2002) offre une évaluation du développement cognitif et langagier des enfants de deux à sept ans (Clifford, 2008). L'instrument a obtenu sa standardisation par la passation de l'échelle à 1700 enfants par échantillonnage stratifié, selon les caractéristiques démographiques suivantes : l'âge, le sexe, l'ethnie, l'éducation parentale et la région géographique. Cet instrument de mesure comporte trois échelles : (1) verbale, (2) performance et (3) vitesse de traitement. Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé uniquement l'échelle de Performance (PQI) qui mesure le niveau de raisonnement spatial des enfants à l'aide de trois sous-tests : (1) blocs, (2) matrices et (3) concepts en images (Clifford, 2008). Les sous-tests de l'échelle de

Performance possèdent de bonnes qualités psychométriques et les coefficients de fidélité des tests (alpha de Cronbach) varient de .73 à .79 (blocs = .79; matrices = .78; concepts en images = .73) [Wechsler, 2002]. Les sous-tests de l'échelle de Performance de la présente étude obtiennent des coefficients de fidélité variant de .72 à .87 (blocs = .72; matrices = .78; concepts en images = .87) comparables à ceux de Wechsler (2002). Cinq assistantes de recherche formées ont fait passer le WPPSI-III aux enfants. En ce qui concerne la présente recherche, les accords interjuges réalisés sur 19,76 % de l'échantillon sont excellents (98 %; pour plus de détails, voir April et al., 2017).

Blocs. Ce sous-test mesure les habiletés d'orientation, de visualisation et d'imagerie par l'analyse des relations et des transformations des objets par leur positionnement et leur rotation. L'enfant a des blocs (rouges, blancs et bicolores [mi-rouges/mi-blancs]) tout comme l'assistante de recherche. Pour les 13 premiers tests, l'enfant doit reproduire le modèle, en trois dimensions, de l'assistante de recherche. L'assistante de recherche présente une tâche tant en image (dans un livre) que par modelage. Par la suite, sept images sont présentées en deux dimensions dans un livre et l'enfant doit les reproduire. Le sous-test est donc composé de 20 tâches à reproduire par l'enfant. L'enfant obtient 1 point (mauvaise orientation de son modèle ou s'il réussit au 2^e essai) ou 2 points (bonne orientation au premier essai) s'il réussit la tâche dans le temps limite (entre 30 et 90 secondes, selon les indications), pour un maximum de 40 points. Après trois scores consécutifs de zéro point, l'assistante de recherche met fin au sous-test blocs et calcule les scores obtenus aux tâches précédentes.

Matrices. Ce sous-test mesure l'habileté d'orientation spatiale. Un tableau présente trois images et une case vide. L'enfant doit choisir parmi cinq images au bas de la feuille pour compléter le tableau. Il est donc demandé à l'enfant d'identifier une image du bas qui correspond ou qui complète celles qui sont présentées dans la partie supérieure. Ce sous-test comprend 29 tâches. L'enfant obtient 1 point pour chaque tâche, pour un maximum de 29 points. Après quatre scores consécutifs de zéro point, l'assistante de recherche met fin au sous-test matrices et calcule les scores obtenus aux tâches précédentes.

Concepts en images. Ce sous-test en images mesure l'habileté d'orientation spatiale et demande à l'enfant d'associer deux images situées dans des rangées différentes, selon différentes caractéristiques (positionnement, rotation, spécificités, etc.). Ce sous-test comprend 28 tâches. Tout comme le sous-test précédent, l'enfant obtient

1 point pour chaque item correspondant, pour un maximum de 28 points. Après quatre scores consécutifs de zéro point, l'assistante de recherche met fin au sous-test matrices et calcule les scores obtenus aux tâches précédentes.

Qualité des interactions enseignante-enfants : Classroom Assessment Scoring System (CLASS)

La qualité des interactions enseignante-enfants a été observée à l'aide du CLASS Pre-K (Pianta et al., 2008). La procédure d'observation correspond à 4 cycles, d'une durée de 20 minutes chacun, suivis d'une période de cotation de 10 minutes. Les trois dimensions évaluées par le CLASS Pre-K (c'est-à-dire le soutien émotionnel, l'organisation de la classe et le soutien à l'apprentissage) possèdent de bonnes qualités psychométriques et les coefficients de fidélité des tests (alpha de Cronbach) varient entre .76 et .89 (soutien émotionnel = .89; organisation de la classe = .76; soutien à l'apprentissage = .83) [Pianta et al., 2008]. En ce qui concerne la présente étude, la cohérence interne varie de .78 à .94 pour les trois domaines (soutien émotionnel = .80; organisation de la classe = .78; soutien à l'apprentissage = .94). Une échelle de type Likert en sept points permet de mesurer la qualité des interactions selon trois niveaux : *faible* (1 et 2), *moyen* (3 à 5) et *élevé* (6 et 7). En ce qui concerne les observations dans les classes, deux assistantes de recherche certifiées (voir <http://teachstone.com>) ont réalisé les observations chaque année avec le CLASS Pre-K. La certification du CLASS Pre-K s'effectue en ligne à partir du visionnement de 5 capsules vidéos, demandant un taux d'accord avec des experts de l'instrument d'au moins 80 % à chacune des années. Les accords interjuges réalisés sur 11 % des observations de l'échantillon de la présente étude sont excellents (99 %; pour plus de détails, voir April et al., 2017).

Soutien émotionnel. Ce domaine comprend quatre dimensions : le climat positif, le climat négatif, la sensibilité de l'enseignante et la prise en considération du point de vue de l'enfant. Ce domaine rend compte des interactions chaleureuses et positives dans la classe, et renvoie à la sensibilité et à la réceptivité de l'enseignante envers les enfants. Un soutien émotionnel est dit « élevé » lorsque la mise en place de l'environnement pédagogique permet à l'enfant d'être considéré, qu'il s'y sent bien et qu'il a du plaisir à apprendre (Curby et al., 2009; Duval et al., 2016).

Organisation de la classe. Ce domaine comprend trois dimensions : la gestion des comportements, la productivité et les modalités d'apprentissage. Ce domaine rend

compte de l'optimisation du temps, de l'intérêt des enfants en lien avec les apprentissages et de la régulation des comportements afin que ces derniers s'y engagent activement (Duval et al., 2016; Pianta et al., 2008). Une organisation de qualité correspond à la maximisation du temps consacré aux routines et aux activités lors d'une journée.

Soutien à l'apprentissage. Ce domaine comprend trois dimensions : le développement de concepts, la qualité de la rétroaction et le modelage langagier. Ce domaine correspond, par exemple, à l'étayage effectué par l'enseignante dans l'analyse, le raisonnement et les questions ouvertes demandés aux enfants. Un soutien à l'apprentissage de qualité élevée permet à l'enfant de raisonner et de trouver des stratégies aux problèmes présentés par l'étayage, la rétroaction en boucle et le questionnement de l'enseignante (Pianta et al., 2008).

Le déroulement de la collecte de données

Six doctorantes en psychologie clinique (supervisées par les chercheuses) ont administré la passation du WPPSI-III entre octobre et novembre, et entre avril et mai d'une même année scolaire. Les élèves ont passé le WPPSI-III individuellement, en avant-midi, dans un local de l'école. Deux observatrices certifiées ont réalisé les observations en classe, en matinée, en octobre et en mai d'une même année scolaire.

Traitement des données avec le logiciel SAS University

Afin de répondre à l'objectif de la recherche, des analyses de régressions à effet mixte avec ordonnée à l'origine aléatoire (Privitera, 2015) ont été réalisées pour mettre en relation les deux concepts. Le premier avantage des modèles mixtes est qu'ils permettent d'obtenir une estimation adéquate de l'erreur, en tenant compte de la structure hiérarchique des données (Howell, 2008). L'utilisation des modèles mixtes sert également à partager la variance entre les différents niveaux hiérarchiques, sans nécessiter l'agrégation des données ou la séparation des analyses par niveau (Howell, 2008). En effet, un enfant (niveau 1) fait partie d'une classe (niveau 2). L'analyse multiniveau permet de départager à quel point les différences sur le plan du développement du raisonnement spatial sont associées à des différences individuelles des enfants (niveau 1) ou à des différences associées à l'enseignante (niveau 2).

Les analyses de régressions ont été menées à l'aide du logiciel Statistical Analysis System – SAS University (version 9.4) en se basant sur les équations d'estimation généralisées pour l'estimation des paramètres du modèle de régressions (Privitera, 2015). Les seuils de signification sont préétablis à $p < .05$. Les résultats montrent que toutes les variables rencontraient la normalité (Howell, 2008). En effet, une vérification de la distribution des variables a révélé que les mesures de la qualité des interactions et du raisonnement spatial respectaient le postulat de normalité nécessaire à la poursuite des analyses statistiques. Il est à noter que, pour toutes les variables de l'étude, il y a moins de 5 % de valeurs manquantes. Celles-ci ont été exclues (listwise) par le logiciel SAS (Howell, 2008).

Résultats

Des analyses de régressions à effet mixte ont été réalisées afin d'étudier l'effet prédictif des dimensions et des sous-dimensions de la qualité des interactions enseignante-enfants pour les sous-tests (blocs, matrices et concepts en images) du raisonnement spatial. Les résultats des analyses de régressions à effet mixte sont synthétisés dans le Tableau 1.

Les dimensions du CLASS Pre-K

Dans un premier temps, au regard des trois domaines, les résultats montrent que l'*organisation de la classe* prédit significativement et positivement les sous-tests blocs ($F[3, 411] = 3.31, p < .002, R^2 = .28$), matrices ($F[3, 411] = 5.55, p < .000, R^2 = .13$) et concepts en images ($F[3, 411] = 5.44, p < .000, R^2 = .18$) [voir Tableau 1]. Par ailleurs, le *soutien émotionnel* prédit significativement et positivement les sous-tests matrices et concepts en images (voir Tableau 1). Plus particulièrement, ces résultats montrent que plus la classe est organisée, plus les enfants obtiennent des scores élevés en raisonnement spatial. Par ailleurs, plus le soutien émotionnel est élevé, plus les enfants obtiennent des scores élevés aux sous-tests matrices et concepts en images. Ces prédicteurs représentent respectivement 28 %, 13 % et 18 % de la variance expliquée des sous-tests blocs, matrices et concepts en images.

Tableau 1
Synthèse des résultats des régressions linéaires à effet mixte

Variables prédictives	Blocs			Matrices			Concepts en images					
	B	SE B	β	R ²	B	SE B	β	R ²	B	SE B	β	R ²
Domaines du CLASS Pre-K												
Soutien émotionnel	.46	.54	.06		1.18	.51	.17*		1.30	.50	.19**	
Organisation de la classe	.86	.37	.15*	.28	.86	.35	.16*	.13	1.10	.33	.21***	.18
Soutien à l'apprentissage	.25	.19	.08		.14	.18	.47		.014	.17	.01	
Soutien émotionnel												
Climat positif	.53	.38	.81		.87	.36	.14*		.58	.34	.09	
Climat négatif	.07	.07	.55		.01	.07	.01		.09	.37	.07	
Sensibilité de l'enseignante	1.7	.38	.30***	.14	.54	.36	.09	.12	.54	.07	.09	.12
Prise en considération du point de vue de l'enfant	.52	.24	.14		.19	.23	.05		.25	.38	.07	
Organisation de la classe												
Gestion des comportements	.68	.29	.17**		.79	.18	.21*		.86	.27	.23**	
Productivité	.10	.42	.02	.11	.03	.28	.01	.15	.16	.39	.03	.09
Modalités des apprentissages	1.49	.26	.29***		.19	.39	.04		.16	.25	.03	
Soutien à l'apprentissage												
Développement de concepts	.42	.22	.17		.07	.25	.03		.18	.21	.08	
Qualité de la rétroaction	1.08	.28	.37***	.17	.08	.28	.12*	.12	.13	.27	.05	.08
Modelage langagier	1.94	.41	.54***		.24	.40	.07		.32	.39	.09	

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Les sous-dimensions du soutien émotionnel

Dans un deuxième temps, les résultats montrent que la *sensibilité de l'enseignante* prédit significativement et positivement le sous-test blocs ($F[4, 410] = 4.60, p < .000, R^2 = .14$) [voir Tableau 1]. Les résultats montrent que le *climat positif* prédit significativement et positivement le sous-test matrices ($F[4, 410] = 5.99, p < .000, R^2 = .12$). Plus particulièrement, ces résultats indiquent que plus l'enseignante est sensible et que plus le climat est positif, plus les enfants ont des scores élevés en raisonnement spatial. Ces prédicteurs représentent respectivement 14 %, 12 % et 12 % de la variance expliquée aux trois sous-tests.

Les sous-dimensions de l'organisation de la classe

Dans un troisième temps, les résultats montrent que la *gestion des comportements*, *la productivité et les modalités des apprentissages* prédisent de manière significative et positive les sous-tests blocs ($F[3, 411] = 4.85, p = .003, R^2 = .11$), matrices ($F[4, 410] = 5.99, p < .000, R^2 = .15$) et concepts en images ($F[4, 410] = 5.551, p < .000, R^2 = .09$). Plus particulièrement, ces résultats indiquent que, lorsque les scores de la dimension *gestion des comportements* sont plus élevés dans les classes, nous observons des scores supérieurs aux sous-tests blocs, matrices et concepts en images. Les résultats montrent également que la dimension *modalités des apprentissages* prédit significativement et positivement le sous-test blocs. Ces résultats mènent à penser que plus l'enseignante gère bien les comportements, plus elle est productive et plus elle utilise des modalités d'apprentissage efficaces, plus les enfants obtiennent des scores élevés de raisonnement spatial. Ces prédicteurs représentent respectivement 11 %, 15 % et 9 % de la variance expliquée aux trois sous-tests.

Les sous-dimensions du soutien à l'apprentissage

Dans un dernier temps, les résultats montrent que la *qualité de la rétroaction* et le *modelage langagier* prédisent de manière significative et positive le sous-test blocs ($F[3, 411] = 9.91, p < .000, R^2 = .17$). Enfin, les résultats indiquent également que la *qualité de la rétroaction* prédit de manière significative et positive le sous-test matrices ($F[3, 411] = 13.01, p < .000, R^2 = .12$). Ces résultats laissent entendre que plus

l'enseignante utilise le modelage langagier et plus elle offre de la rétroaction de qualité, plus les enfants ont des scores élevés de raisonnement spatial. Une fois de plus, ces prédicteurs représentent respectivement 17 %, 12 % et 8 % de la variance expliquée aux trois sous-tests.

Discussion

Ici, l'objectif de recherche trouve sa réponse : à la maternelle quatre ans TPMD, il y a une relation entre la qualité des interactions enseignante-enfants et les notions du raisonnement spatial des enfants. Des régressions significatives entre les domaines de la qualité des interactions enseignante-enfants et le développement du raisonnement spatial ont été démontrées.

Ainsi, les résultats de notre étude attestent qu'il y a des liens significatifs et positifs entre les dimensions du CLASS Pre-K et les sous-tests de l'échelle de Performance du WPPSI-III. Ainsi, les dimensions du CLASS Pre-K qui apparaissent comme étant liées au développement du raisonnement spatial mériteraient d'être identifiées pour orienter les pratiques des enseignantes. Par conséquent, les dimensions les plus faibles gagneraient également à être notées pour orienter les ajustements à apporter ou le soutien à mettre en place auprès des enseignantes.

D'abord, nous notons que le soutien émotionnel prédit le score des sous-tests matrices et concepts en images. Plus spécifiquement, lorsque la sensibilité de l'enseignante est élevée, le résultat au sous-test blocs, qui mesure la capacité d'analyse et de synthèse des stimulus visuels abstraits de l'enfant ainsi que sa capacité à former des concepts non verbaux, l'est aussi (Clifford, 2008 ; Wechsler, 2002) the primary method of learning disability identification has been a severe discrepancy between an individual's cognitive ability level and his/her academic achievement. The recent 2004 IDEA amendments have included language that allows for changes in identification procedures. This language suggests a specific learning disability may be identified by a student's failure to respond to a research based intervention (RTI. Nos résultats paraissent cohérents avec ceux de Howes et ses collaborateurs (2008) ainsi que ceux d'Iruka et ses collaborateurs (2010) qui observent que les enseignantes sensibles et d'un haut niveau d'interactions soutiennent le développement du raisonnement spatial. Néanmoins, seules les études de Birch et Ladd (1997), de Justice et ses collaborateurs (2018) both at home and in the classroom. Studies

have examined various dimensions of the preschool classroom language environment, including linguistic responsivity of early childhood educators, data-providing features of teachers' talk, and characteristics of the systems-level general environment, but no study has examined the unique contribution of each dimension to children's language growth over time. The goals of this study were to determine how best to represent the dimensionality of the preschool classroom's linguistic environment and to determine which dimensions are most strongly associated with children's language development. Participants were teachers in 49 preschool classrooms and a random sample of children from each classroom (330 children between 40 and 60 months of age, $M = 52$ months, $SD = 5.5$ et de Silva et ses collaborateurs (2011) winter, and late spring ($n_s = 823, 722,$ and 758 , respectively rapportent spécifiquement que des interactions chaleureuses, sensibles et stimulantes favorisent des notions de l'éveil aux mathématiques, comme la numération et le dénombrement. Pour expliquer ces résultats, Miller et Almon (2009) mentionnent que les enfants qui se sentent en confiance sont plus en mesure d'explorer leur environnement et de faire des découvertes. Schmitt et ses collaborateurs (2015) ajoutent que des interactions stables occasionnent plus d'explorations chez les enfants de quatre et cinq ans, développant ainsi leur esprit critique et leur développement cognitif. Notre étude est toutefois l'une des premières à mettre en lumière des liens significatifs et positifs entre le soutien émotionnel et les scores de raisonnement spatial à la maternelle quatre ans TPMD mesurés par le WPPSI-III. Ainsi, nos résultats permettent de croire qu'un climat de sécurité et de confiance dans la classe ainsi qu'une enseignante chaleureuse favoriseraient le développement du raisonnement spatial.

Nos résultats indiquent aussi que, lorsque l'organisation de la classe est élevée, les scores du sous-test blocs le sont aussi. Ainsi, pour expliquer ces résultats, nous pourrions penser que, lorsque les enseignantes sont productives, qu'elles ont une gestion des comportements de qualité et qu'elles offrent une variété de modalités d'apprentissage, cela crée dans la classe des conditions permettant à l'enfant d'être autonome, responsable dans le choix de son matériel d'apprentissage et que cela favorise son engagement. Rudasill et Rimm-Kaufman (2009) effortful control rapportent eux aussi une relation entre un haut niveau d'organisation de la part de l'enseignante et l'engagement des enfants dans la tâche, prédisant ainsi un niveau de réussite scolaire supérieur (Rudasill et Rimm-Kaufman, 2009).

En ce qui concerne le soutien à l'apprentissage, nos résultats indiquent que leur niveau élevé est associé à des niveaux élevés aux sous-tests blocs et matrices. Ces constats paraissent similaires à ceux de Nunes et ses collaborateurs (2012) au sujet d'enfants qui fréquentent des classes d'enseignantes dont le niveau de qualité de la rétroaction et du modelage langagier est élevé, et dont le niveau des notions de stratégies de résolution de problèmes est supérieur. Klibanoff et ses collaborateurs (2006) expliquent ces liens en émettant l'hypothèse que le soutien à l'apprentissage, incluant des questions ouvertes et de la rétroaction en boucle, favoriserait le développement des notions d'éveil aux mathématiques. En somme, lorsque l'environnement éducatif dans lequel évolue l'enfant stimule sa curiosité intellectuelle, l'encourage à poser des questions, à comparer sa pensée avec les autres et à explorer (Anders et al., 2013 ; Wood et Frid, 2005), le raisonnement spatial s'en trouve accru.

Ces résultats doivent être interprétés en tenant compte des limites de cette étude. Il importe de mentionner que les liens significatifs, tout comme les descriptions des interactions enseignante-enfants et du développement du raisonnement spatial, sont issus des résultats de cette recherche et ne sont considérés qu'en ce sens. Ils ne sont pas généralisables à l'ensemble des maternelles quatre ans TPMD du Québec. Les données ont été recueillies auprès de huit enseignantes à la maternelle quatre ans TPMD lors des quatre premières années d'implantation de ce type de maternelle au Québec. De plus, les résultats présentés ne portent que sur des observations réalisées pendant deux matinées au cours de l'année scolaire. Le niveau de développement du raisonnement spatial des enfants pourrait être évalué par d'autres outils, par exemple, l'instrument *Topologie et développement de l'intelligence de l'enfant* (Sauvy et Sauvy, 1972). Finalement, les données collectées et analysées ne permettent pas de connaître les variables ayant influencé les résultats obtenus (p. ex., la confiance de l'enseignante, la motivation des enfants, les connaissances des enfants, etc.) et aucune tâche de contrôle n'a été menée avec l'enfant. De plus, les activités réalisées en classe, spécifiquement en lien avec le développement du raisonnement spatial, n'ont pas été prises en compte dans cette étude. Avec l'ouverture des classes de maternelle quatre ans TPMD au Québec, les observations et les mesures se voulaient davantage dans une posture exploratrice afin de découvrir si les savoirs expérientiels des enseignantes influençaient ou non le développement du raisonnement spatial des enfants. Avec l'annonce de l'ouverture de plusieurs classes de maternelle quatre ans TPMD à travers les centres de services scolaires du Québec,

il pourrait être intéressant de reproduire la recherche en ciblant des écoles provenant de différents milieux socioéconomiques et de différentes régions du Québec. Cela permettrait une vue d'ensemble de la qualité des interactions enseignante-enfants et du développement du raisonnement spatial des enfants.

Conclusion

Cette recherche visait à examiner s'il existe des relations entre les domaines de la qualité des interactions enseignante-enfants et le niveau de développement du raisonnement spatial. Au terme de cet article, il semble intéressant de retenir que nous avons obtenu des régressions significatives et positives entre les trois domaines observés (soutien émotionnel, organisation de la classe et soutien à l'apprentissage) de la qualité des interactions enseignante-enfants à partir du CLASS Pre-K et le niveau de développement du raisonnement spatial (sous-tests de l'échelle de Performance du WPPSI-III) des enfants.

Il est important de souligner la contribution de cette recherche à l'avancement des connaissances. Étant donné l'implantation récente des maternelles quatre ans TPMD au Québec, cette recherche permet de mieux situer les relations entre la qualité des interactions enseignante-enfants et le développement du raisonnement spatial chez des enfants de quatre ans. À ce propos, il serait intéressant que de futures études explorent les pratiques des enseignantes favorisant le développement du raisonnement spatial. De plus, alors que les orientations ministérielles enjoignent les centres de services scolaires à se doter de classes de maternelle quatre ans à temps plein, il convient de rappeler qu'il est souhaitable d'offrir des milieux de qualité, l'effet de la qualité des interactions enseignante-enfants sur le développement du raisonnement spatial étant ici corroboré. À la lumière de ces constats subsiste une irrésistible envie d'en connaître davantage, d'en apprendre plus sur les liens entre la qualité des interactions enseignante-enfants et le développement du raisonnement spatial. Plus encore, cette recherche a permis de répondre à l'objectif de départ et nous incite à investiguer davantage au sujet de la mise en place d'activités ou de stratégies permettant de développer le raisonnement spatial chez les enfants de cet âge. Toutefois, plusieurs questions demeurent : comment amener les enseignantes à prendre conscience de l'importance de leur rôle sur le développement du raisonnement spatial ? Sur quoi se base l'enseignante pour décider ce qui doit être proposé aux enfants sans pour autant les contrôler ? Comment mettre en

place des pratiques éducatives qui soutiennent les apprentissages de l'enfant? Autant de questionnements pourront faire l'objet de futures recherches quant aux rôles et aux pratiques des enseignantes à mettre en place afin de soutenir l'apprentissage du développement du raisonnement spatial des enfants de la maternelle quatre ans.

Références

- Anders, Y., Grosse, C., Rossbach, H.-G., Ebert, S. et Weinert, S. (2013). Preschool and primary school influences on the development of children's early numeracy skills between the ages of 3 and 7 years in Germany. *School Effectiveness and School Improvement*, 24(2), 195–211. <http://dx.doi.org/10.1080/09243453.2012.749794>
- April, J., Lanaris, C. et Bigras, N. (2017). *Conditions d'implantation de la maternelle quatre ans à temps plein en milieu défavorisé*. Université du Québec en Outaouais.
- Birch, S. H. et Ladd, G. W. (1997). The teacher-child relationship and children's early school adjustment. *Journal of School Psychology*, 35(1), 61–79. [https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(96\)00029-5](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(96)00029-5)
- Burchinal, M., Howes, C., Pianta, R., Bryant, D., Early, D., Clifford, R. et Barbarin, O. (2008). Predicting child outcomes at the end of kindergarten from the quality of pre-kindergarten teacher-child interactions and instruction. *Applied Developmental Science*, 12(3), 140–153. <https://doi.org/10.1080/10888690802199418>
- Casey, B. M., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J. E., Samper, A. et Copley, J. (2008). The development of spatial skills through interventions involving block building activities. *Cognition and Instruction*, 26(3), 269–309. <https://doi.org/10.1080/07370000802177177>
- Clements, D. H. et Sarama, J. (2009). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. Routledge.
- Clements, D. H., Fuson, K. C. et Sarama, J. (2017). The research-based balance in early childhood mathematics: A response to Common Core criticisms. *Early Childhood Research Quarterly*, 40(3), 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.jecresq.2017.03.005>

- Clements, D. H., Wilson, D. C. et Sarama, J. (2004). Young children's composition of geometric figures: A learning trajectory. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 163–184. https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0602_5
- Clifford, E. (2008). *Visual-spatial processing and mathematics achievement: The predictive ability of the visual-spatial measures of the Stanford-Binet intelligence scales, fifth edition, and the Wechsler intelligence scale for children, fourth edition* [Thèse de doctorat inédite]. University of South Dakota.
- Copple, C., Bredekamp, S. et Gonzalez-Mena, J. (2011). *Basics of developmentally appropriate practice: An introduction for teachers of infants and toddlers*. National Association for the Education of Young Children.
- Cornelius-White, J. (2007). Learner-centered teacher-student relationships are effective: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 77(1), 113–143. <https://doi.org/10.3102/003465430298563>
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4^e éd.). Pearson.
- Curby, T. W., Rimm-Kaufman, S. E. et Ponitz, C. C. (2009). Teacher-child interactions and children's achievement trajectories across kindergarten and first grade. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 912–925. <https://doi.org/10.1037/a0016647>
- Davis, B. et the Spatial Reasoning Study Group. (2015). *Spatial reasoning in the early years: Principles, assertions, and speculations*. Routledge.
- De Kruif, R. E. L., McWilliam, R. A., Ridley, S. M. et Wakely, M. B. (2000). Classification of teachers' interaction behaviors in early childhood classrooms. *Early Childhood Research Quarterly*, 15(2), 247–268. [https://doi.org/10.1016/S0885-2006\(00\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0885-2006(00)00051-X)
- Durand, C. P. (2013). Does raising type 1 error rate improve power to detect interactions in linear regression models? A Simulation Study. *PLoS ONE*, 8(8), e71079. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071079>

- Duval, S., Bouchard, C., Hamel, C. et Pagé, P. (2016). La qualité des interactions observées en classe et les pratiques déclarées par les enseignantes à l'éducation préscolaire. *Revue canadienne de l'éducation*, 39(3), 1–27. <https://journals.sfu.ca/cje/index.php/cje-rce/article/view/2286>
- Early, D. M., Maxwell, K. L., Ponder, B. D. et Pan, Y. (2017). Improving teacher-child interactions: A randomized control trial of making the most of classroom interactions and my teaching partner professional development models. *Early Childhood Research Quarterly*, 38(1), 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2016.08.005>
- Ferrara, K., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Golinkoff, R. M. et Lam, W. S. (2011). Block talk: Spatial language during block play. *Mind, Brain, and Education*, 5(3), 143–151. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2011.01122.x>
- Flynn, T. (2018). *Mapping a learning trajectory and student outcomes in unplugged coding: A mixed methods study on young children's mathematics and spatial reasoning* [Thèse de doctorat, Trent University]. Trent University Library & Archives. <http://digitalcollections.trentu.ca/objects/etd-615>
- Frostig, M. et Horne, D. (1972). *The Frostig program for the development of visual perception: Teacher's guide*. Follett.
- Greenes, C. (1999). Ready to learn: Developing young children's mathematical powers. Dans J. V. Copley (dir.), *Mathematics in the early years* (p. 399–447). National Association for the Education of Young Children (NAEYC); National Council of Teachers of Mathematics (NCTM).
- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Beilock, S. L. et Levine, S. C. (2012). The relation between spatial skill and early number knowledge: The role of the linear number line. *Developmental Psychology*, 48(5), 1229–1241. <https://doi.org/10.1037/a0027433>
- Gutiérrez, Á. (1992). Exploring the links between Van Hiele levels and 3-dimensional geometry. *Structural Topology*, (18), 31–48. <http://hdl.handle.net/2099/1073>
- Howell, D. C. (2008). *Statistical methods for psychology* (7^e éd.). Cengage Learning.
- Howes, C. et Ritchie, S. (2002). *A matter of trust: Connecting teachers and learners in the early childhood classroom*. Teachers College Press.

- Howes, C., Burchinal, M., Pianta, R., Bryant, D., Early, D., Clifford, R. et Barbarin, O. (2008). Ready to learn? Children's pre-academic achievement in pre-kindergarten programs. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(1), 27–50. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2007.05.002>
- Iruka, I. U., Burchinal, M. et Cai, K. (2010). Long-term effect of early relationships for African American children's academic and social development: An examination from kindergarten to fifth grade. *Journal of Black Psychology*, 36(2), 144–171. <https://doi.org/10.1177/0095798409353760>
- Justice, L. M., Jiang, H. et Strasser, K. (2018). Linguistic environment of preschool classrooms: What dimensions support children's language growth? *Early Childhood Research Quarterly*, 42(1), 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.09.003>
- Klibanoff, R. S., Levine, S. C., Huttenlocher, J., Vasilyeva, M. et Hedges, L. V. (2006). Preschool children's mathematical knowledge: The effect of teacher "math talk". *Developmental Psychology*, 42(1), 59–69. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.42.1.59>
- Levine, S. C., Ratliff, K. R., Huttenlocher, J. et Cannon, J. (2012). Early puzzle play: A predictor of preschoolers' spatial transformation skill. *Developmental Psychology*, 48(2), 530–542. <https://doi.org/10.1037/a0025913>
- Marchand, P. (2009). Le développement du sens spatial au primaire. *Bulletin de l'AMQ*, 49(3), 63–79. https://archimede.mat.ulaval.ca/amq/bulletins/oct09/Atelier_Marchand.pdf
- Marchand, P. (2020). Quelques assises pour valoriser le développement des connaissances spatiales à l'école. *Recherches en Didactique des Mathématiques (RDM)*, 40(2), 135–178. <https://revue-rdm.com/2020/quelques-assises-pour-valoriser-le-developpement-des-connaissances-spatiales-a-lecole-primaire/>
- Miller, E et Almon, J. (2009). *Crisis in the kindergarten: Why children need to play in school* (ED504839). Alliance for Childhood. ERIC. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED504839.pdf>
- Moss, J., Bruce, C. D., Caswell, B., Flynn, T. et Hawes, Z. (2016). *Taking shape: Activities to develop geometric and spatial thinking, grades K-2*. Pearson Canada.

- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). Principles and standards for school mathematics. *School Science and Mathematics*, 47(8), 868–279.
- Nunes, T., Bryant, P., Barros, R. et Sylva, K. (2012). The relative importance of two different mathematical abilities to mathematical achievement. *The British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 136–156. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02033.x>
- Pappas, S., Ginsburg, H. P. et Jiang, M. (2003). SES differences in young children's metacognition in the context of mathematical problem solving. *Cognitive Development*, 18(3), 431–450. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(03\)00043-1](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(03)00043-1)
- Pelletier, M.-E., Tétreault, S., Turcotte, D. et Ferland, F. (2006). La préparation scolaire des enfants issus de familles ayant un faible revenu : exploration de pistes d'action. *La revue internationale de l'éducation familiale*, 20(2), 8–16. <https://doi.org/10.3917/rief.020.0109>
- Pianta, R. C. (1999). *Enhancing relationships between children and teachers*. American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10314-000>
- Pianta, R. C., Mashburn, A. J., Downer, J. T., Hamre, B. K. et Justice, L. (2008). Effects of web-mediated professional development resources on teacher-child interactions in pre-kindergarten classrooms. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(4), 431–451. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecresq.2008.02.001>
- Privitera, G. J. (2015). *Statistics for the behavioral sciences* (2^e éd.). SAGE Publications.
- Rudasill, K. M. et Rimm-Kaufman, S. E. (2009). Teacher-child relationship quality: The roles of child temperament and teacher-child interactions. *Early Childhood Research Quarterly*, 24(2), 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2008.12.003>
- Sabol, T. J., Soliday Hong, S. L., Pianta, R. C. et Burchinal, M. R. (2013). Can rating pre-K programs predict children's learning? *Science*, 341(6148), 845–846. <https://doi.org/10.1126/science.1233517>
- Sandilos, L. E., DiPerna, J. C. et The Family Life Project Key Investigators. (2014). Measuring quality in kindergarten classrooms: Structural analysis of the classroom assessment scoring system (CLASS K-3). *Early Education and Development*, 25(6), 894–914. <https://doi.org/10.1080/10409289.2014.883588>

- Sarama, J. et Clements, D. H. (2014). Preschoolers getting in shapes. *Teaching Young Children*, 7(5), 30–31. https://www.academia.edu/25678931/Preschoolers_Getting_in_Shape
- Sauvy, J et Sauvy, S. (1972). *Topologie et développement de l'intelligence de l'enfant*. Casterman.
- Schmitt, S. A., McClelland, M. M., Tominey, S. L. et Acock, A. C. (2015). Strengthening school readiness for head start children: Evaluation of a self-regulation intervention. *Early Childhood Research Quarterly*, 30(1), 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2014.08.001>
- Silva, K. M., Spinrad, T. L., Eisenberg, N., Sulik, M. J., Valiente, C., Huerta, S., Edwards, A., Eggum, N. D., Kupfer, A. S., Lonigan, C. J., Phillips, B. M., Wilson, S. B., Clancy-Menchetti, J., Landry, S. H., Swank, P. R., Assel, M. A., Taylor, H. B. et School Readiness Consortium. (2011). Relations of children's effortful control and teacher-child relationship quality to school attitudes in a low-income sample. *Early Education and Development*, 22(3), 434–460. <https://doi.org/10.1080/10409289.2011.578046>
- St-Jean, C. (2020). *La qualité des interactions enseignante-enfants et le développement du raisonnement spatial à la maternelle quatre ans temps plein en milieu défavorisé* [Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal]. Archipel. <https://archipel.uqam.ca/14301/>
- St-Jean, C., April, A., Bigras, N. et Dupuis-Brouillette, M. (2017). Modèles de raisonnement spatial à l'éducation préscolaire : une revue de littérature. *Revue canadienne des jeunes chercheuses et chercheurs en éducation*, 8(1), 56–65. <https://journalhosting.ucalgary.ca/index.php/cjnse/article/view/30771>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C. et Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Varghese, C. A. (2017). *Investigating teacher-child relationships as pathways for learning in elementary school classrooms* [Thèse de doctorat, University of North Carolina]. <https://doi.org/10.17615/6c66-9346>

- Venet, M., Schmidt, S. et Paradis, A. (2008). *Analyse des conditions favorables au cheminement et à la réussite scolaires des élèves en difficulté d'apprentissage en classe ordinaire au primaire. Volume 3 : les conditions liées à la relation maître-élèves* [Rapport de recherche]. FRQSC.
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K. et Newcombe, N. S. (2014). Finding the missing piece: Blocks, puzzles, and shapes fuel school readiness. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.02.005>
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K. et Newcombe, N. S. (2017). Results-links between spatial assembly, later spatial skills, and concurrent and later mathematical skills. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 82(1), 71–80. <https://doi.org/10.1111/mono.12283>
- Wechsler, D. (2002). *WPPSI-III: Wechsler preschool and primary scale of intelligence – Third edition: Canadian Manual*. Pearson.
- Wood, K. et Frid, S. (2005). Early childhood numeracy in a multiage setting. *Mathematics Education Research Journal*, 16(3), 80–99. <https://doi.org/10.1007/BF03217402>