

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste
présenté par

Chloé CHOL

présenté au jury en juin 2020

**L'intérêt du support numérique de type tablette
dans la stimulation du développement du système
numérique approximatif (SNA) chez les enfants
scolarisés en maternelle**

MEMOIRE dirigé par

Sandrine MEJIAS, Maître de Conférence, Département d'Orthophonie, Université de Lille

Lille – 2020

Remerciements

Je tiens à remercier particulièrement Madame Mejias, ma directrice de mémoire pour sa disponibilité, sa bienveillance et ses conseils qui ont contribué à alimenter ma réflexion tout au long de la rédaction du mémoire.

Je remercie les membres du jury pour leur implication et le temps consacré à la lecture de ce mémoire.

Je remercie Laura, qui m'a accompagnée dans la rédaction de ce mémoire. Merci pour ton implication et ton soutien.

Je remercie mes maîtres de stage, qui au long de ces cinq années, m'ont accueillie avec bienveillance et m'ont beaucoup apporté sur le plan professionnel et personnel.

Je remercie mes parents et mes frères, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Je tiens enfin à remercier mes amies lilloises, sans qui ces cinq années n'auraient pas été les mêmes.

Résumé :

Les compétences mathématiques précoces des enfants sont primordiales dans le développement des futures performances mathématiques ainsi que pour leur réussite scolaire et leur avenir professionnel. En effet, les représentations au sein du système numérique approximatif (SNA) sont importantes dans la construction des mathématiques. L'essor du numérique a fait émerger de nouveaux supports dont nous connaissons vaguement les apports sur les apprentissages des enfants. Dans la présente étude, nous évaluons l'impact de la tablette numérique, très prisée par les enfants, sur les compétences mathématiques impliquant le SNA de 150 enfants scolarisés en moyenne et en grande section de maternelle. Nous avons analysé, à l'aide de corrélations de Pearson, les données issues de questionnaires parentaux sur les habitudes numériques des enfants et les scores relevés à quatre épreuves permettant d'évaluer les représentations au sein du SNA (épreuve de ligne numérique, épreuve de comparaison symbolique à 1 et 2 chiffres, épreuve de comparaison non symbolique de pattern de points). Les résultats montrent qu'une durée importante de jeu impacte de manière négative les aptitudes cognitives générales qui se répercutent sur les compétences mathématiques des enfants. Cet impact est présent seulement pour les enfants de grande section de maternelle, ce qui évoque une atteinte tardive du SNA. Le type de jeu utilisé sur la tablette influence également, de manière négative ou positive le développement des compétences mathématiques des enfants.

Mots-clés :

Compétences mathématiques, système numérique approximatif, apprentissage, tablette numérique

Abstract :

Children's early mathematical skills are critical to the development of future mathematical performance as well as to their academic and professional success. Indeed, the approximate number system (ANS) is important in the construction of mathematics. The rise of digital technology has led to the emergence of new media, whose contribution to children's learning is only vaguely known. In the present study, we evaluate the impact of the numerical tablet, which is highly valued by children, on the mathematical skills involving the representations within the ANS of 150 children in 2nd and 3rd kindergarteners. We used Pearson correlations to analyze data from parental questionnaires on children's numerical habits and scores on four tests to assess representations within the ANS (numerical line test, 1 and 2 digit symbolic comparison test, and non-symbolic comparison test of point pattern). The results show that a too long gaming time negatively impacts general cognitive skills, which in turn affects children's mathematical skills. This impact is only found for 3rd kindergarteners, suggesting a late onset of impairment. The type of game used on the tablet also influences, negatively or positively, the development of children's mathematical skills.

Keywords :

Mathematical skills, approximate number system, learning, numerical tablet

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	1
Méthode	5
1.Participants	6
2.Matériel	6
2.1.Aptitudes cognitives générales	6
2.1.1.Epreuve des «Matrices».....	6
2.2.Epreuves mathématiques	7
2.2.1.Epreuve de ligne numérique	7
2.2.2.Epreuve de comparaison symbolique	8
2.2.3.Epreuve de comparaison non symbolique	8
2.2.4.Epreuve de contrôle moteur	9
2.3.Présentation du questionnaire	9
Résultats	10
1.Analyses descriptives	10
2.Analyses de corrélations.....	11
2.1.Impact de l'âge sur les aptitudes cognitives générales	11
2.1.1.Corrélations générales	12
2.1.2.Corrélations chez les enfants de MSM	12
2.1.3.Corrélations chez les enfants de GSM	12
2.2.Impact de l'âge sur les compétences mathématiques impliquant le SNA	12
2.2.1.Corrélations générales	12
2.2.2.Corrélations chez les enfants de MSM	12
2.2.3.Corrélations chez les enfants de GSM	13
2.3.Impact des aptitudes cognitives générales sur les compétences mathématiques impliquant le SNA	13
2.3.1.Corrélations générales.....	13
2.3.2.Corrélations chez les enfants de MSM	13
2.3.3.Corrélations chez les enfants de GSM.....	13
2.4.Impact de la durée de jeu sur les aptitudes cognitives générales	14
2.4.1.Corrélations générales	14
2.4.2.Corrélations chez les enfants de MSM	14
2.4.3.Corrélations chez les enfants de GSM.....	14
2.5.Impact de la durée de jeu sur les compétences mathématiques impliquant le SNA	14
2.5.1.Corrélations générales.....	14
2.5.2.Corrélations chez les enfants de MSM	14
2.5.3.Corrélations chez les enfants de GSM	15
2.6.Impact du type de jeu sur les compétences mathématiques impliquant le SNA	15
2.6.1.Jeux d'action ou d'aventure	15
2.6.2.Jeux éducatifs.....	15
2.6.3.Jeux de cartes et de société	15
2.6.4.Jeux «autres».....	16
Discussion	16
Conclusion	18
Bibliographie	19

Introduction

Les nombres sont partout dans l'environnement et les enfants sont amenés à les manipuler dès leur plus jeune âge. Par ailleurs, les nouveau-nés manifestent très précocement des compétences mathématiques telles que l'estimation ou la comparaison de nombres. Cette prédisposition avancée pour le nombre procure une intuition du nombre et du sens des opérations précocement aux enfants, dès la maternelle. Il est cependant important de stimuler ces compétences précoces afin d'éviter un retard global en mathématiques durant toute la scolarité.

Aujourd'hui, les écrans sont omniprésents dans notre société. La question des effets du numérique sur le développement de l'enfant fait par ailleurs débat dans la littérature. Cependant, peu d'études se sont intéressées à l'impact des supports numériques sur les apprentissages. Or, leur consommation est très importante dans les foyers et la tablette est plébiscitée par les enfants en raison de son fort attrait ludique et motivationnel. Ainsi, il semble pertinent de s'interroger sur l'apport de la tablette numérique dans le domaine des mathématiques, et plus particulièrement sur certaines compétences mathématique du Système Numérique Approximatif (SNA), système qui se trouve à la base de nombreuses activités numériques.

L'objectif de cette recherche est ainsi de mesurer les apports de la tablette numérique sur le SNA des enfants scolarisés en maternelle. Nous avons recueilli les habitudes numériques de jeu des enfants, le type de jeu utilisé, la durée et la fréquence de jeu sur la tablette. Nous nous sommes particulièrement intéressés à l'impact de ces comportements sur les compétences mathématiques du SNA. Nous avons également porté notre attention sur l'impact du type de jeu utilisé par les enfants. Nous poursuivons également des objectifs de soin, en particulier pour la prévention et la remédiation orthophonique. En effet, connaître les résultats de cette étude permettrait aux orthophonistes d'agir préventivement sur une éventuelle apparition de troubles des apprentissages mathématiques chez les enfants scolarisés en maternelle avant qu'ils ne s'installent durablement.

Le format d'un article scientifique a semblé être le plus pertinent pour répondre à ces interrogations.

Contexte théorique, buts et hypothèses

Nous savons à l'heure actuelle que, dès la naissance, nous possédons des compétences mathématiques. Ces compétences innées sont sous-tendues par un système appelé système numérique approximatif (SNA). Ce système permet l'appréhension des grandes numérosités de manière approximative par le biais de processus de comparaison (processus de quantification permettant de discriminer de manière approximative) et d'estimation (processus de quantification permettant d'appréhender rapidement de manière approximative). Il permet également de se représenter les numérosités spatialement, de gauche à droite, c'est à dire sur une ligne numérique mentale, où les petits nombres seraient à gauche et les plus grands nombres à droite. La représentation des nombres de 0 à 100 s'inscrit dans une fonction logarithmique chez les enfants âgés de 5-6 ans. Ensuite, elle se précise et devient linéaire vers l'âge de 6-7 ans ou 7-8 ans (Siegler & Booth, 2004).

Les enfants possèdent une représentation du nombre imprécise et limitée (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004). Xu et Spelke (2000) ont évalué ces compétences innées à l'aide du paradigme d'habituation, méthode fréquemment utilisée pour évaluer les capacités de discrimination des bébés : les bébés sont habitués à voir des collections de même taille puis une autre collection (soit de même taille, soit de taille différente) est présentée. C'est ainsi que Xu et Spelke (2000) ont montré que les bébés de six mois peuvent discriminer de grandes quantités d'objets lorsque le ratio qui sépare deux quantités est assez grand. Les performances de discrimination des bébés se développent avec l'âge, cependant ils restent sensibles au ratio qui séparent deux quantités. Huntley-Fenner et Cannon (2000) ont montré des résultats comparables chez des enfants de trois à cinq ans. Dans une tâche de comparaison de magnitude, dans laquelle les enfants doivent comparer des quantités non symboliques, les enfants ont de meilleures performances lorsque le ratio entre les deux numérosités (présentées sous forme de collection de points) est de 1:2 plutôt que de 2:3. Izard, Sann, Spelke, et Streri (2009) ont montré que les bébés de quelques heures de vie regardent plus longtemps les numérosités congruentes par rapport aux sons entendus. En effet, quinze bébés sur seize regardent plus longtemps l'image qui contient le même nombre d'objets qu'une séquence auditive associée en nombres. Ces résultats montrent que la sensibilité à la numérosité se manifeste à quelques mois de vie et se précise au cours du développement de l'enfant (Lipton & Spelke, 2003 ; Wood & Spelke, 2005). Dès la maternelle, les enfants sont capables de procéder à des estimations. Ils possèdent ainsi une intuition du nombre (Mejias & Schiltz, 2013) et du sens des opérations (Gilmore, McCarthy, & Spelke, 2010). La qualité de ces représentations au sein du SNA serait en lien avec les performances mathématiques (Halberda, Mozzocco, & Feigenson, 2008). En effet, LeFevre et al. (2009) ont montré l'importance des stimulations précoces sur les performances mathématiques des enfants en maternelle. Ainsi, pour stimuler les enfants dès la maternelle et agir sur leurs futures compétences mathématiques, il paraît important d'identifier les types d'apprentissage favorisant leur bon développement. Il en existe deux types : l'apprentissage explicite (l'entraînement) et l'apprentissage implicite (les activités pratiquées à la maison). Les expériences et les stimulations précoces proposées à la maison avant l'intégration de l'enfant dans le milieu scolaire semblent façonner les bases de l'apprentissage des mathématiques, via des activités directes (comptage, reconnaissance des chiffres...) et indirectes (jeux de dés, recettes de cuisine...). Structurer ces expériences primordiales pour le développement des acquis numériques permet de mettre aisément en place leur apprentissage par le jeu (LeFevre et al., 2009). Benavides-Varela et al. (2016) ont étudié le lien existant entre les activités numériques pratiquées à la maison, comme compter des objets, jouer aux cartes, et les compétences numériques de 110 enfants (âge moyen de 5 ans et 11 mois) à l'aide de tâches de numération approximative et exacte (tâches de comptage, de comparaison de chiffres, de comparaison de magnitudes, d'estimation de position d'un nombre sur une ligne numérique) et de problèmes numériques quotidiens. Il en résulte que les enfants qui avaient de bonnes connaissances liées à leur environnement familial comme le numéro de téléphone, les dates de naissance, obtenaient de meilleurs résultats aux tâches administrées. Ainsi, les auteurs montrent que les informations numériques apprises à la maison sont un facteur prédictif des performances sur les problèmes numériques quotidiens et les représentations exactes.

Au vu de l'importance des stimulations précoces des compétences mathématiques, des études ont souligné les effets du manque de ces stimulations. En effet, le manque de compétences précoces en mathématiques avant la scolarisation en maternelle peut évoluer en un retard global en

mathématiques durant toute la scolarité (Dossey et al., 1988). Ce manque peut avoir des répercussions en chaîne : difficultés en primaire, en secondaire, pour le choix des études puis du travail. Le manque de stimulation peut engendrer également des situations d'évitement mais également une phobie ou une anxiété mathématique. Ainsi, stimuler ces habiletés mathématiques favorise le bon apprentissage d'importantes compétences mathématiques comme la connaissance des nombres (séquence de nombres, addition, soustraction, multiplication, division, fraction, décimale) et l'ordinalité (positionner/ placer/ ranger des nombres selon leur ordre de grandeur) qui semblent être les prédicteurs les plus puissants des apprentissages ultérieurs (Duncan et al., 2007). Les apprentissages mathématiques précoces sont donc très importants et permettent une bonne scolarité ultérieure. En effet, un manque de stimulation peut nuire aux futurs apprentissages et à l'avenir professionnel des enfants. Au vu de leur importance, il semble important de stimuler, aussi précocement que possible, les compétences mathématiques, notamment celles que nous possédons dès la naissance.

Si l'efficacité des stimulations informelles faites à la maison a été étudiée, d'autres activités semblent également efficaces. Les jeux de société de type "jeu de plateau" (Ramani & Siegler, 2008 ; Ramani & Siegler, 2011) et les supports numériques (Wilson, Dehaene, Dubois, & Fayol, 2009 ; Vilette, Mawart, & Rusinek, 2010) sont eux aussi étudiés pour leurs effets sur les compétences mathématiques. Les effets positifs des jeux de société type jeu de plateau sur le développement des compétences mathématiques des enfants d'âge préscolaire ont été largement étudiés dans la littérature. Par exemple, Benavides-Verala et al. (2016) ont mené une étude sur 110 enfants âgés de 5;11 ans en moyenne issus de différentes écoles d'Italie. Les auteurs ont évalué les compétences mathématiques de ces enfants à l'aide d'une série de tâches numériques (comparaison de grandeurs, tâche de ligne numérique, comptage, résolution de problèmes mathématiques). Parallèlement, les parents ont rempli un questionnaire sur les habitudes de jeu de leurs enfants. Les résultats ont mis en évidence que les jeux de société de type jeux de plateau auxquels jouent les enfants améliorent leurs capacités de comptage. Ramani & Siegler (2008) ont comparé la progression des enfants après l'utilisation d'un jeu de plateau avec des chiffres par rapport à l'utilisation d'un jeu de plateau ne contenant pas de chiffres. Cent-vingt-quatre enfants âgés de 4;1 ans à 5;5 ans ont pris part à cette étude. Les enfants ont été répartis de manière aléatoire dans deux groupes : un groupe de 68 enfants et un autre composé de 56 enfants. Le premier groupe a été entraîné avec un jeu de société comportant des chiffres allant de un à dix répartis linéairement. Le second a été entraîné avec un jeu de société contenant des carrés colorés. Les deux groupes ont joué pendant quatre sessions de 15 à 25 minutes durant deux semaines. Les auteurs montrent une amélioration considérable des capacités numériques (telles que la comparaison de nombres, l'estimation linéaire, l'identification numérique et le comptage) après l'utilisation du jeu de plateau contenant des chiffres. Des effets durables sont observés neuf semaines plus tard. Dans une autre étude, ces mêmes auteurs ont comparé les effets du jeu de plateau linéaire par rapport au jeu de plateau circulaire chez des enfants issus de milieu socioculturel défavorisé (Ramani & Siegler, 2011). Quarante-huit enfants préscolaires âgés de 3;5 ans à 4;8 ans ont été répartis aléatoirement en trois groupes. Le premier groupe était composé de 30 enfants, le second de 29 enfants et le dernier (groupe contrôle) de 29 enfants également. Respectivement, les groupes ont été entraînés avec un jeu de plateau linéaire (groupe 1), un jeu de plateau circulaire (groupe 2) et différentes activités numériques (groupe 3, groupe contrôle). Les enfants ont participé à cinq séances de vingt minutes pendant trois semaines. Il en résulte que le jeu de plateau linéaire améliore les connaissances numériques des enfants, notamment l'identification numérique, la capacité à résoudre des problèmes contenant des additions et l'estimation de la ligne numérique. Ces études (Ramani &

Siegler, 2008 ; Ramani & Siegler, 2011) montrent l'efficacité des jeux de société de type "jeu de plateau" sur le développement des compétences mathématiques.

Concernant les supports numériques, la question de leur intérêt sur les compétences mathématiques des enfants se pose au vu de l'essor du numérique ces dernières années. En effet, depuis de nombreuses années, les écrans sont omniprésents dans les foyers (télévisions, ordinateurs, tablettes, smartphones, consoles de jeux vidéo). Dans la littérature scientifique, des études se sont intéressées au retentissement de ces outils numériques sur les apprentissages. Certaines s'accordent à dire que la consommation massive des écrans engendre des conséquences néfastes sur la réussite scolaire, le développement moteur, social et cognitif de l'enfant, le langage, l'attention, le sommeil et même la gestion de l'agressivité (Harlé & Desmurget, 2012 ; Madigan, Browne, Racine, Mori, & Tough, 2019). En outre, d'autres études vont même jusqu'à montrer que ces technologies rendent difficile l'accès à l'univers académique. Ainsi, Longcamp, Zerbato-Poudou, et Velay (2005) ont comparé chez deux groupes d'enfants âgés de 2;9 ans à 4;9 ans l'apprentissage des mêmes lettres grâce à l'écriture manuscrite ou à l'écriture au clavier. Les enfants apprenant à écrire sur un clavier d'ordinateur présenteraient plus de difficultés à retenir le mouvement d'écriture des caractères et donc à apprendre à lire par rapport à ceux apprenant à écrire avec un apprentissage traditionnel (écriture manuscrite) (Longcamp, Zerbato-Poudou, & Velay, 2005). Mueller et Oppenheimer (2014) ont mené une étude auprès de 67 étudiants de l'université de Princeton aux Etats-Unis. Les participants ont assisté à une conférence (stimulus) en utilisant leur stratégie habituelle de prise de notes en classe (papier crayon ou ordinateur). Ensuite, les participants ont effectué deux tâches distrayantes de cinq minutes suivies d'une tâche de mémoire de travail (mémorisation de mots présentés dans un ordre précis et résolution d'équations mathématique simple en même temps). Enfin, ils ont répondu à des questions faisant appel à leur capacité mnésique (i.e., de rappel) et des questions d'application d'informations énoncées pendant la conférence. L'analyse des données montre que les étudiants utilisant un clavier d'ordinateur ont de moindres performances de mémorisation et de compréhension de la conférence par rapport à leurs pairs n'utilisant pas de clavier d'ordinateur (Mueller & Oppenheimer, 2014). Malgré les impacts négatifs relevés dans la littérature, les supports numériques sont plébiscités par les jeunes enfants en raison de leur fort attrait ludique et motivationnel (Heinrich, 2016 ; Villemonteix et al., 2014). Ces outils numériques attirent de plus en plus les enfants. Ils les côtoient à la maison, mais également à l'école avec l'émergence des tablettes tactiles en classes depuis 2010 (Karsenti & Bugmann, 2018). En effet, l'Education nationale s'intéressant également à ces outils, l'essor des Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) a permis de développer l'utilisation de ressources numériques à l'école comme le souligne le "Plan Numérique pour l'éducation" en 2015. Ces ressources numériques telles que les ordinateurs sont des aides pour pallier les difficultés (i.e., trouble de l'écriture) fréquemment proposées dans les écoles, collèges et lycées aux élèves. Certains auteurs ont étudié les inconvénients de ces supports numériques, d'autres se sont intéressés à leurs avantages dans les apprentissages. Des recherches telles que celle menée par Karsenti et Bugmann (2018) ont étudié quelques avantages liés à l'usage fréquent et régulier de tablettes dans le milieu scolaire. Les auteurs ont mené une étude pendant 3 ans (de 2012 à 2015) sur 34 élèves âgés de 16;3 ans en moyenne et 5 de leurs enseignants dans un Centre de Formation en Entreprise et Récupération (CFER) au Québec. L'analyse des données recueillies en entrevues de groupe souligne l'intérêt de l'usage de la tablette tactile sur le développement de la motivation scolaire des élèves, le développement de leur estime de soi, la qualité de leurs résultats scolaires, ainsi qu'un rôle dans leur insertion professionnelle future.

Certains chercheurs se sont intéressés à ces nouveaux outils numériques dans le but d'améliorer les compétences mathématiques. Par exemple, Wilson, Dehaene, Dubois, et Fayol (2009) ont développé un jeu sur ordinateur intitulé « The Number Race » pour stimuler le sens du nombre chez l'enfant, capacité qui permet d'approximer et manipuler rapidement des quantités numériques (Dehaene, 2001). Il propose des épreuves de comptage verbal, de subitizing, de dénombrement, de transcodage, de comparaison de numérosités symboliques et non symboliques, et enfin des additions et soustractions sous forme de problèmes verbaux à un chiffre. Les effets du logiciel sur le sens du nombre ont été évalués chez 53 enfants âgés de 4 à 6 ans scolarisés en grande section de maternelle. L'étude s'est déroulée sur une période de quatorze semaines. Les enfants ont été séparés en deux groupes. Le premier groupe a utilisé le logiciel de mathématiques dans un premier temps puis un logiciel de lecture "Lapin Malin: Voyage au pays de la lecture" (Mindscape, 2000) dans la deuxième phase, et inversement pour le deuxième groupe. Chaque groupe a été testé avant, pendant et à la fin de l'étude. Ces tests ont été administrés au format papier-crayon. Les tâches auxquelles ont participé les enfants ont été présentées dans l'ordre suivant : comptage verbal, comptage d'objets, comparaison numérique non symbolique, comparaison numérique de chiffres, comparaison numérique verbale, la correspondance entre les numéros de formats différents, et additions. Les résultats de cette étude montrent des progrès sur le développement du sens du nombre (amélioration des tâches de comparaisons numériques symboliques). Ces résultats laissent entendre que les supports numériques, utilisés à bon escient, permettent d'améliorer les performances mathématiques des enfants scolarisés en maternelle. En revanche, les résultats sont à nuancer car les enfants n'ont pas été séparés aléatoirement pour effectuer les deux groupes. Ils ont été séparés en fonction de leur école pour des raisons pratiques. Un programme informatique appelé « Number Worlds », initialement destiné aux enfants scolarisés en maternelle a été développé par Griffin, Case, et Siegler (1994). Ce programme propose quatre niveaux différents avec une suite d'activités graduée (comptage, résolution de problèmes), respectant la progression de l'enfant âgé de trois à neuf ans. Dans cette étude, les auteurs font état de l'efficacité de ce programme dans l'enseignement du sens des nombres et dans l'amélioration de l'apprentissage et des résultats en mathématiques des enfants à risque (Griffin, 2004). Vilette, Mawart, et Rusinek (2010) ont étudié les effets d'un logiciel de remédiation des troubles du calcul appelé l'« Estimateur ». Cet outil consiste à faire interagir la ligne numérique mentale et le calcul verbal (représentations numériques exactes). En effet, une ligne numérique était présentée sur un écran d'ordinateur et les sujets (20 élèves de cycle 3 d'âge moyen 10 ans 11 mois) devaient évaluer et positionner sur la ligne numérique le résultat d'un calcul (i.e., $12+23$). Cette étude montre l'efficacité d'un logiciel numérique sur les troubles du calcul à l'aide d'une rééducation basée sur les représentations de la magnitude. L'efficacité des supports numériques sur le développement des compétences mathématiques a ainsi été étudiée. Même si certaines études montrent quelques limites, ces supports semblent favoriser la stimulation des compétences numériques des enfants scolarisés en maternelle. Néanmoins, à notre connaissance, aucune étude à ce jour se focalise sur l'intérêt du support numérique de type tablette dans la stimulation du développement du SNA chez les enfants scolarisés en maternelle.

Les apports des jeux de société type jeu de plateau ont été largement étudiés et prouvés. L'objectif de cette étude est donc de mesurer les apports des supports numériques et plus particulièrement d'un support de type tablette sur le SNA des enfants scolarisés en maternelle. Nous poursuivons également des objectifs de soin, en particulier pour la prévention et la remédiation orthophonique. Connaître les apports de l'utilisation de la tablette permettrait aux orthophonistes

d'agir préventivement sur une éventuelle apparition de troubles des apprentissages mathématiques chez les enfants scolarisés en maternelle avant qu'ils ne s'installent durablement.

Méthode

Cette étude longitudinale fait partie d'un projet plus large appelé Kids e-Stim. Elle contenait les étapes suivantes : questionnaires parentaux, phase de pré-tests, phase d'entraînement, phase de post-tests, et phase de post-tests de maintien (Cornu, 2017). Cette présente étude a pour but d'évaluer l'impact des supports numériques de type tablette sur les compétences mathématiques des enfants de maternelle.

Le protocole de recherche a reçu l'approbation du Comité d'éthique d'établissement de l'Université de Lille (réf. 17-1-S55) et a été conduit selon les principes d'éthique de la déclaration d'Helsinki (Association médicale mondiale, 2013).

Dans cette étude, nous utilisons les données des questionnaires parentaux et des pré-tests que nous détaillerons ci-après.

.1. Participants

Au total, 172 participants ont été inclus dans l'étude Kid e-Stim dont 60 enfants de moyenne section de maternelle (MSM) et 112 enfants de grande section de maternelle (GSM). Le nombre d'enfants inclus pour les besoins de cette présente étude est de 150, dont 57 enfants de MSM et 93 enfants de GSM. En effet, 150 parents d'enfants ont rempli le questionnaire parental. Tous les enfants n'ont pas été présents à toutes les épreuves. Certains parents n'ont pas répondu à toutes les questions du questionnaire. C'est pour cela que les nombres d'enfants varient en fonction des corrélations étudiées. Les participants ont été recrutés dans cinq écoles publiques différentes des Hauts-de-France. Les huit classes concernées se situent dans un environnement majoritairement issu de classes moyennes. Le consentement des parents a été obtenu pour chacun des enfants. Les enfants présentant un dossier MDPH (Maison Départementale des Personnes Handicapées) ont été exclus de l'étude.

.2. Matériel

Le test était constitué d'épreuves au format papier-crayon uniquement, aucune épreuve sur tablette n'a été proposée. La phase de pré-tests s'est déroulée au mois de janvier 2018. Les enfants y ont participé en passation individuelle de 40 à 60 minutes environ. Les consignes, données à l'oral, étaient standardisées pour que la fidélité inter-juge soit contrôlée. De ce fait, elles étaient écrites sur le protocole pour que les différents testeurs donnent les mêmes explications à chaque enfant en utilisant la même formulation. Les données recueillies ont ensuite été encodées dans un tableur. Cette étape a été réalisée en deux temps : encodage par le testeur puis vérification par une seconde personne. La phase de pré-tests a eu pour but d'évaluer différentes compétences (compétences numériques, compétences visuo-spatiales, gnosies digitales, mémoire de travail). Cependant, dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur les épreuves évaluant le SNA et sur l'épreuve des "Matrices" issue de l'échelle non verbale d'intelligence de Wechsler (WNV). Nous nous sommes donc focalisés sur cinq épreuves :

- l'épreuve des "Matrices" (figure 1)

- l'épreuve de ligne numérique (figure 2)
- l'épreuve de comparaison symbolique à 1 chiffre (figure 3)
- l'épreuve de comparaison symbolique à 2 chiffres (figure 3)
- l'épreuve de comparaison non symbolique (Figure 4)

.2.1. Aptitudes cognitives générales

La relation entre la comparaison des nombres et la réussite en mathématiques pourrait s'expliquer par la capacité intellectuelle (Leclerc, Larivée, Archambault, & Janosz, 2010). Par conséquent, une mesure de la capacité intellectuelle générale, décrite ci-dessous, a été incorporée dans cette étude comme variable de contrôle.

.2.1.1. Epreuve des «Matrices»

Le subtest « Matrices » est issu de la WNV (WISC non-verbale) – Echelle non verbale d'intelligence (Wechsler & Naglieri, 2006). Cette épreuve comprend une série de matrices incomplètes. Les items sont constitués de différentes formes et éléments géométriques (carrés, cercles, triangles) colorés en noir, blanc, jaune, bleu et/ou vert afin de maintenir l'intérêt des enfants et pour éviter que l'éventualité d'une vision déficitaire des couleurs ait une influence sur le résultat. Les enfants devaient choisir les formes géométriques manquantes parmi quatre ou cinq réponses possibles. Un item de démonstration et trois items d'entraînement ont été présentés aux enfants avant de débiter l'épreuve. L'épreuve était arrêtée après 4 items échoués parmi 5 items consécutifs. Les enfants n'avaient pas de contrainte temporelle pour réaliser l'épreuve. Le score total des enfants correspondait au nombre de réponses correctes.

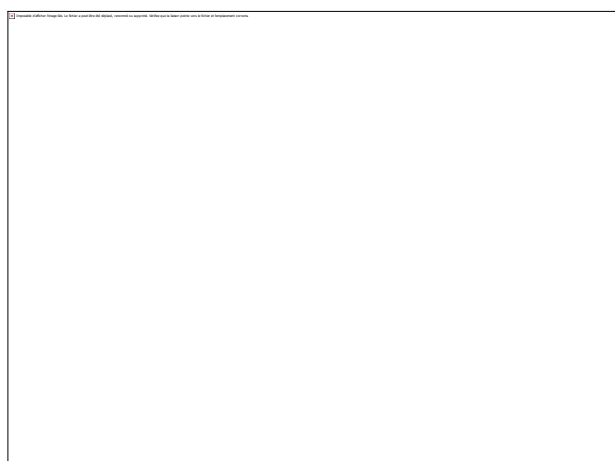


Figure 1. Exemple du subtest “Matrices”. Les enfants devaient choisir l'élément manquant parmi les cinq proposés.

.2.2. Epreuves mathématiques

.2.2.1. Epreuve de ligne numérique

Dans cette épreuve, des lignes de 25 cm imprimées au centre d'une feuille A4 ont été présentées aux enfants. Les lignes numériques avaient un intervalle de 0 à 20 : l'extrémité gauche était marquée par le chiffre 0 et l'extrémité droite était marquée par le nombre 20. Des nombres cibles étaient placés dans le coin supérieur gauche de chaque feuille de test. Les enfants devaient positionner des nombres cibles sur cette ligne. Un item d'entraînement, avec 10 comme numéro cible, devait être placé sur la ligne, avant de présenter les huit items (2, 4, 6, 7, 13, 15, 16, 18). Pour coter cette épreuve, il a fallu mesurer en millimètre la distance entre l'extrémité 0 et le trait produit par l'enfant. Les enfants n'avaient pas de contrainte temporelle pour réaliser l'épreuve. Dans cette tâche, un score faible indique une bonne performance. Une corrélation négative est donc synonyme d'une amélioration de la ligne numérique mentale.

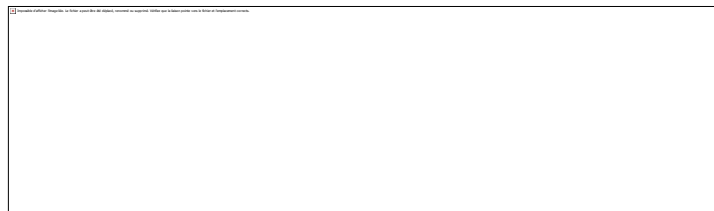


Figure 2. Exemple d'une ligne numérique. Les enfants devaient positionner le numéro situé en haut à gauche sur la ligne.

.2.2.2. Epreuve de comparaison symbolique

L'épreuve de comparaison symbolique comportait deux sous-tests et est issue de Brankaer, Ghesquière, et De Smedt (2016). Les deux sous-tests étaient les suivants : une tâche de comparaison à un chiffre et une tâche de comparaison à deux chiffres.

Chaque sous-test contenait 60 paires de chiffres. Elles étaient présentées en quatre colonnes de 15 paires (police Verdana, taille 12). Durant ces épreuves, les enfants devaient barrer le nombre le plus grand. Quatre items d'entraînement, pour chaque sous-test, ont été présentés avant de commencer la tâche.

Concernant le sous-test à un chiffre, la distance entre les deux chiffres était de 1 sur la moitié des items et de 3 ou 4 sur l'autre moitié. Ont été incluses toutes les combinaisons possibles. Les enfants ont eu 30 secondes pour effectuer l'épreuve. Le score total des enfants correspondait au nombre de réponses correctes.

Concernant le sous-test à deux chiffres, la distance entre les deux chiffres était entre 2 et 6 pour la moitié des items et entre 12 et 16 sur l'autre moitié. Chaque distance a été utilisée six fois. Les enfants ont eu 30 secondes pour effectuer l'épreuve. Le score total des enfants correspondait au nombre de réponses correctes.

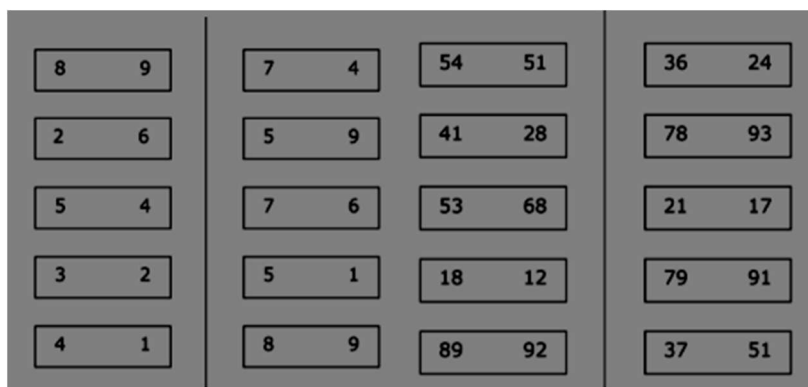


Figure 3. Exemples d'éléments du sous-test à un chiffre (à gauche) et du sous-test à deux chiffres (à droite). Les enfants avaient pour consigne de barrer le plus grand des deux chiffres.

.2.2.3. Epreuve de comparaison non symbolique

Dans cette épreuve, quatre pages de quatorze items ont été présentées aux enfants. Chaque item était composé d'un rectangle comportant deux ensembles de points. Les enfants avaient pour consigne de barrer l'ensemble qui comportait le plus de points. Avant de débiter l'épreuve, trois items d'exemples ont été réalisés avec l'enfant puis neuf items d'entraînement ont été réalisés par l'enfant seul. Les enfants ont eu 30 secondes pour effectuer l'épreuve. Le score total des enfants correspondait au nombre de réponses correctes (Nosworthy, Bugden, Archibald, Evans, & Ansari, 2013).

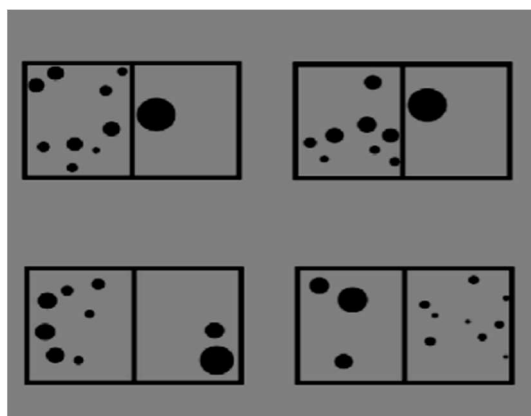


Figure 4. Exemples d'éléments du sous-test de comparaison non symbolique. Les enfants avaient pour consigne de barrer la case avec le plus grand nombre de points.

.2.2.4. Epreuve de contrôle moteur

Les performances des enfants aux tests de comparaison symboliques peuvent être influencées par la vitesse de réponse générale. Nous avons donc fait passer une épreuve de type papier crayon pour contrôler la vitesse motrice dans nos analyses de corrélation (Fig. 5). Lors de cette tâche, 60 paires de figures (triangle, cercle, carré, coeur, lune ou étoile) ont été présentées aux enfants. Une

figure était de couleur blanche et l'autre de couleur noire. Les enfants devaient barrer les figures noires le plus vite possible. Les paires étaient présentées dans quatre colonnes de 15 paires. Deux items d'entraînement ont été présentés aux enfants avant de commencer l'épreuve. Les enfants ont eu 20 secondes pour effectuer l'épreuve. Le score total des enfants correspondait au nombre de réponses correctes (Brankaer, Ghesquière, & De Smedt, 2016).



Figure 5. Exemples d'éléments de l'épreuve de contrôle moteur. Les enfants avaient pour consigne de barrer la figure noire.

.2.3. Présentation du questionnaire

Le questionnaire se composait de trois grandes parties et comportait neuf questions dont huit questions fermées et une question ouverte. La première partie avait pour but de recenser l'intégralité des types de jeu de l'enfant, la deuxième se focalisait sur le jeu numérique, et la troisième était orientée sur les jeux de société. Seules la deuxième et la troisième partie du questionnaire comportaient plusieurs questions. Elles avaient pour objectif de recueillir la fréquence de jeu, la durée de jeu et les types de jeux utilisés par l'enfant. Concernant les types de jeu, les propositions de réponses du questionnaire étaient les suivantes : action et aventure, éducatifs, jeux de cartes ou de société et "autres". La deuxième partie comportait deux questions supplémentaires qui avaient pour objectif de recueillir les informations suivantes : si l'enfant possédait sa propre tablette numérique et le nom des jeux préférés de l'enfant. Les questionnaires ont été distribués par les professeurs des écoles sous format papier aux parents des enfants. Deux questionnaires ont été distribués aux enfants de parents séparés et vivant de ce fait dans deux foyers différents. Les données recueillies ont été encodées dans un tableur afin de pouvoir les analyser. Pour les enfants ayant deux foyers, un seul questionnaire a été encodé pour une des deux raisons suivantes : l'un des questionnaires a été rendu non rempli ou les deux questionnaires étaient complétés à l'identique. Les données manquantes ou non interprétables (ex. réponse non attendue) ont été symbolisées par un point pour être prises en compte comme donnée manquante. Elles étaient ainsi différenciées de la réponse "non", laquelle est symbolisée par le nombre « 0 ».

Résultats

.1. Analyses descriptives

Tableau 1. (A) Information descriptive ; (B) Moyenne (ET) de la précision de l'estimation numérique par tâche pour les différents groupes d'enfants en fonction du moment du test ; (C) Moyenne (ET) de la comparaison par tâche pour les différents groupes d'enfants en fonction du moment du test.

Moments des tests	MSM	GSM	Total
N (garçons)	57 (42)	93 (48)	150 (90)
(A) Information descriptive			
Moyennes (ET)			
Age en mois	53.44 (4.26)	65.89 (4.15)	61.16 (7.36)
WNV (score brut)	9.75 (3.22)	12.61 (3,20)	11.53 (3.48)
(B) Épreuve d'estimation			
Lignes numériques	2.83 (1.29)	1.83 (1.10)	2.21 (1.26)
(C) Épreuve de comparaison			
Comparaison non symbolique	9.54 (4.70)	13.63 (5.67)	12.08 (5.67)
Comparaison symbolique à 1 chiffre	5.19 (3.67)	8.57 (3.84)	7.29 (4.11)
Comparaison symbolique à 2 chiffres	4.25 (2.53)	6.15 (3.86)	5.46 (3.55)
Comparaison symbolique à 1 chiffre + contrôle moteur	4.30 (5.65)	3.90 (5.20)	4.05 (5.36)
Comparaison symbolique à 2 chiffres + contrôle moteur	5.17 (6.31)	6.19 (5.04)	5.83 (5.54)

Dans le questionnaire parental, plusieurs fréquences ont été proposées afin d'évaluer la durée de jeu sur tablette par utilisation : moins d'une heure, au moins une heure, au moins deux heures et plus de deux heures. Les pourcentages de réponses en fonction de la durée d'utilisation de la tablette et en fonction de la classe (GSM ou MSM) sont détaillés ci-dessous.

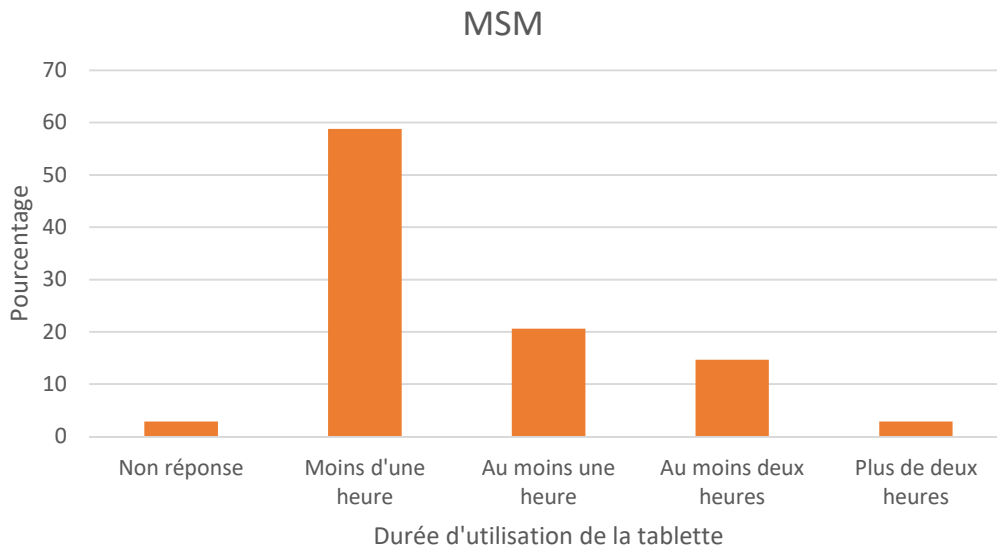


Figure 6. Pourcentages de réponses en fonction de la durée d'utilisation de la tablette chez les enfants de MSM.

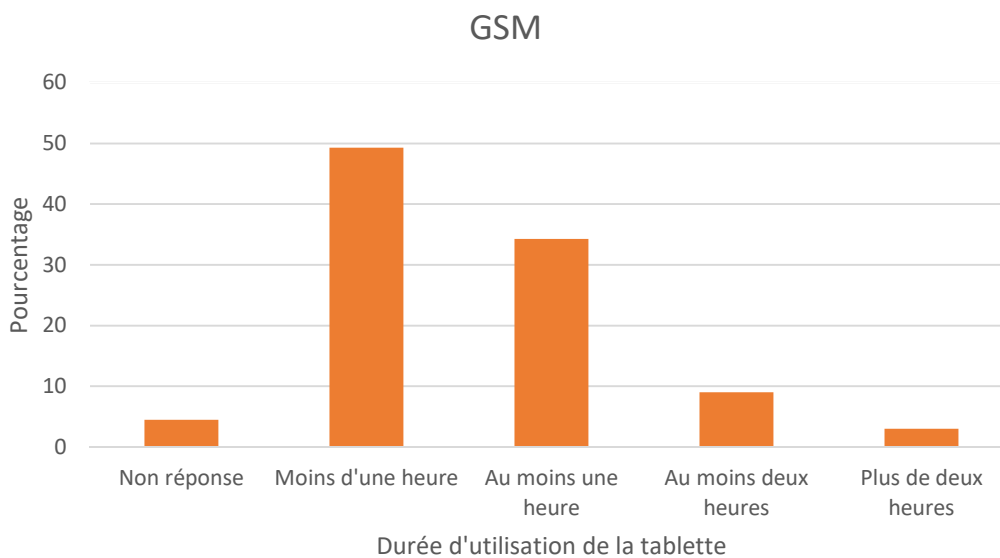


Figure 7. Pourcentages de réponses en fonction de la durée d'utilisation de la tablette chez les enfants de GSM.

.2. Analyses de corrélations

Des coefficients de corrélation de Pearson (r) ont été calculés afin d'examiner les associations entre les différentes variables étudiées. Pour être interprété, le coefficient de corrélation doit être significatif (la valeur de p doit être inférieure à 0.05).

.2.1. Impact de l'âge sur les aptitudes cognitives générales

Afin de mesurer la validité des données collectées, nous nous sommes intéressés aux corrélations entre l'âge et les aptitudes cognitives générales.

.2.1.1. Corrélations générales

L'âge des enfants (calculé en mois) est corrélé positivement aux aptitudes cognitives générales ($r(148) = .331, p \leq .001$). Comme attendu, on observe une amélioration des aptitudes cognitives générales lorsque les enfants avancent en âge.

.2.1.2. Corrélations chez les enfants de MSM

Nous ne retrouvons pas de corrélations significatives entre l'âge des enfants de MSM et les aptitudes cognitives générales ($r(55) = .147, p = .276$).

.2.1.3. Corrélations chez les enfants de GSM

Nous ne retrouvons pas de corrélations significatives entre l'âge des enfants de GSM et les aptitudes cognitives générales ($r(91) = -.077, p = .463$).

.2.2. Impact de l'âge sur les compétences mathématiques impliquant le SNA

Afin d'évaluer le lien entre l'âge des enfants et les compétences mathématiques impliquant le SNA, nous nous sommes intéressés aux corrélations entre l'âge et les différentes épreuves mathématiques impliquant le SNA.

.2.2.1. Corrélations générales

L'âge des enfants est corrélé à l'épreuve de ligne numérique ($r(146) = -.350, p \leq .001$). Cette corrélation, négative, montre que l'imprécision des enfants à cette tâche d'estimation diminue avec l'âge. L'âge des enfants est corrélé positivement à l'exactitude de leurs réponses aux épreuves de comparaison non-symbolique ($r(148) = .317, p \leq .001$) et de comparaison symbolique à 1 chiffre ($r(148) = .351, p \leq .001$). Cependant, on n'observe pas de corrélation entre l'âge et l'exactitude des réponses à l'épreuve de comparaison symbolique à 2 chiffres ($r(142) = .128, p = .127$).

Les épreuves de ligne numérique, de comparaison non symbolique et de comparaison symbolique à 1 chiffre semblent améliorées par le développement.

On suppose que l'épreuve de comparaison symbolique à 2 chiffres ne semble pas être améliorée par le développement.

.2.2.2. Corrélations chez les enfants de MSM

Nous ne retrouvons pas de corrélations significatives entre l'âge des enfants de MSM et les épreuves de ligne numérique ($r(54) = -.119, p = .382$), de comparaison non symbolique ($r(55) = .181,$

$p = .178$), de comparaison symbolique à 1 chiffre ($r(55) = -.004, p = .975$) et de comparaison symbolique à 2 chiffres ($r(50) = -.224, p = .110$).

.2.2.3. Corrélations chez les enfants de GSM

Nous ne retrouvons pas de corrélations significatives entre l'âge des enfants de GSM et les épreuves de ligne numérique ($r(90) = -.042, p = .694$), de comparaison non symbolique ($r(91) = .008, p = .939$), de comparaison symbolique à 1 chiffre ($r(91) = .076, p = .469$) et de comparaison symbolique à 2 chiffres ($r(90) = -.114, p = .281$).

.2.3. Impact des aptitudes cognitives générales sur les compétences mathématiques impliquant le SNA

Ensuite, afin d'évaluer le lien entre les aptitudes cognitives générales et les compétences mathématiques impliquant le SNA, nous nous sommes intéressés aux corrélations entre les aptitudes cognitives générales et les différentes épreuves.

.2.3.1. Corrélations générales

Les aptitudes cognitives générales sont corrélées aux épreuves de ligne numérique ($r(146) = -.401, p \leq .001$), de comparaison non-symbolique ($r(148) = .303, p \leq .001$) et de comparaison symbolique à 1 chiffre ($r(148) = .383, p \leq .001$). Cependant, on n'observe pas de corrélation entre les aptitudes cognitives générales et l'exactitude des réponses à l'épreuve de comparaison symbolique à 2 chiffres ($r(142) = .013, p = .877$).

On observe donc un lien entre les aptitudes cognitives générales et les performances aux épreuves de ligne numérique, de comparaison symbolique et de comparaison symbolique à 1 chiffre mais pas avec l'épreuve de comparaison symbolique à 2 chiffres.

.2.3.2. Corrélations chez les enfants de MSM

Pour les enfants scolarisés en MSM, on n'observe pas de corrélation entre les aptitudes cognitives générales et les épreuves de ligne numérique ($r(54) = -.239, p = .076$), de comparaison non symbolique ($r(55) = .113, p = .404$), de comparaison symbolique à 1 chiffre ($r(55) = .202, p = .131$) et de comparaison symbolique à 2 chiffres ($r(50) = -.175, p = .215$).

On n'observe pas de lien entre les aptitudes cognitives générales et les épreuves de comparaison non symbolique, de comparaison symbolique à 1 chiffre et de comparaison symbolique à 2 chiffres.

.2.3.3. Corrélations chez les enfants de GSM

Concernant les enfants scolarisés en GSM, les aptitudes cognitives générales sont corrélées négativement à l'épreuve de ligne numérique ($r(90) = -.336, p = .001$). Comme attendu, lorsque les enfants avancent en âge, leurs aptitudes cognitives générales se développent et la précision de leur

ligne numérique s'améliore. Les aptitudes cognitives générales sont corrélées positivement aux épreuves de comparaison non symbolique ($r(91) = .229, p = .027$) et de comparaison symbolique à 1 chiffre ($r(91) = .302, p = .003$). Lorsque les enfants avancent en âge, leurs aptitudes cognitives générales se développent et leurs performances en épreuves de comparaison non symbolique et de comparaison symbolique à 1 chiffre semblent également s'améliorer.

Cependant, on n'observe pas de corrélation entre les aptitudes cognitives générales et l'épreuve de comparaison symbolique à 2 chiffres ($r(90) = -.83, p = .431$).

.2.4. Impact de la durée de jeu sur les aptitudes cognitives générales

Nous nous intéressons maintenant à l'impact de la durée de jeu sur tablette sur les aptitudes cognitives générales.

.2.4.1. Corrélations générales

La durée de jeu sur tablette est corrélée négativement aux aptitudes cognitives générales ($r(99) = -.203, p = .042$), ce qui semble montrer que les aptitudes cognitives générales sont impactées de manière négative par le temps passé sur la tablette.

.2.4.2. Corrélations chez les enfants de MSM

Nous ne retrouvons pas de corrélations significatives entre la durée de jeu sur tablette et les aptitudes cognitives générales des enfants de MSM ($r(32) = -.285, p = .102$).

.2.4.3. Corrélations chez les enfants de GSM

Nous ne retrouvons pas de corrélations significatives entre la durée de jeu sur tablette et les aptitudes cognitives générales des enfants de GSM ($r(65) = -.188, p = .128$).

.2.5. Impact de la durée de jeu sur les compétences mathématiques impliquant le SNA

Nous nous sommes également intéressés aux analyses de corrélation entre la durée de jeu et les compétences mathématiques afin d'évaluer l'impact de la durée de jeu sur ces compétences.

.2.5.1. Corrélations générales

La durée de jeu sur tablette est corrélée négativement à l'exactitude des réponses données à l'épreuve de comparaison symbolique à 1 chiffre ($r(99) = -.244, p = .014$). Le temps passé sur la tablette semble impacter négativement les compétences des enfants à l'épreuve de comparaison symbolique à 1 chiffre. Cependant, on n'observe pas de corrélation entre la durée de jeu sur tablette et les épreuves de ligne numérique ($r(97) = .131, p = .195$), de comparaison non symbolique ($r(99) = -.070, p = .487$) et de comparaison symbolique à 2 chiffres ($r(96) = .082, p = .424$).

.2.5.2. Corrélations chez les enfants de MSM

Concernant les enfants de MSM, on n'observe pas de corrélation entre la durée de jeu sur tablette et les épreuves de ligne numérique ($r(31) = .177, p = .324$), de comparaison non symbolique ($r(32) = .071, p = .692$), de comparaison symbolique à 1 chiffre ($r(32) = -.192, p = .278$) et de comparaison symbolique à 2 chiffres ($r(30) = .111, p = .547$). L'impact de la durée de jeu sur les compétences mathématiques ne semble pas visible en MSM.

.2.5.3. Corrélations chez les enfants de GSM

En ce qui concerne les enfants de GSM, la durée sur tablette est corrélée négativement à l'exactitude des réponses données à l'épreuve de comparaison à 1 chiffre ($r(65) = -.339, p = .005$). Cette corrélation, non présente en MSM, montre qu'il faut un certain temps pour que l'atteinte du SNA soit visible. Cependant, pour les enfants de GSM, on n'observe pas de corrélation entre la durée sur tablette et les épreuves de ligne numérique ($r(64) = .152, p = .224$), de comparaison non symbolique ($r(65) = -.140, p = .260$) et de comparaison à 2 chiffres ($r(64) = .086, p = .493$). Ces compétences ne semblent pas impactées par le temps passé sur la tablette.

.2.6. Impact du type de jeu sur les compétences mathématiques impliquant le SNA

Nous nous intéressons maintenant au type de jeu utilisé par les enfants. Pour cela, nous avons comparé la durée et la fréquence de jeu aux compétences mathématiques des enfants. Pour chaque type de jeu, nous avons examiné les corrélations pour les enfants jouant ou non à ce type de jeu.

.2.6.1. Jeux d'action ou d'aventure

Pour les enfants qui jouent à des jeux d'action ou d'aventure, la durée de jeu est corrélée positivement à l'épreuve de ligne numérique ($r(44) = .325, p = .028$). Certains jeux d'action ou d'aventure semblent améliorer la précision de la ligne numérique de par leur mode de jeu (orientation de gauche à droite, similaire à la ligne numérique). La fréquence de jeu sur tablette est corrélée positivement à l'épreuve de ligne numérique ($r(42) = .355, p = .018$). Pour les enfants qui ne jouent pas aux jeux d'action ou d'aventure, on n'observe pas de corrélation. Jouer longtemps et fréquemment à des jeux d'action ou d'aventure semble améliorer la précision de la ligne numérique.

.2.6.2. Jeux éducatifs

On n'observe pas de corrélation pour les enfants qui jouent à des jeux éducatifs. Ce type de jeu ne semble pas impacter, positivement ou négativement les compétences des enfants. Pour les enfants qui ne jouent pas aux jeux éducatifs, la durée de jeu est corrélée négativement aux épreuves de ligne numérique ($r(27) = -.422, p = .022$), de comparaison non symbolique ($r(27) = -.382, p = .041$) et de comparaison symbolique de à 1 chiffre ($r(27) = -.679, p \leq .001$). Ces compétences mathématiques semblent moins bien se développer quand les enfants jouent longtemps à des jeux non éducatifs. Pour ces enfants, la fréquence de jeu est corrélée négativement à l'exactitude des réponses

données aux épreuves de comparaison non symbolique ($r(25) = -.417, p = .030$) et de comparaison symbolique de nombres à 1 chiffre ($r(25) = -.582, p = .001$). Ces compétences mathématiques semblent moins bien se développer quand les enfants jouent fréquemment à des jeux non éducatifs.

.2.6.3. Jeux de cartes et de société

En ce qui concerne les jeux de cartes ou de société, on n'observe pas de corrélation pour les enfants qui jouent à ces jeux. Pour les enfants qui ne jouent pas à des jeux de cartes ou de société, la durée de jeu est corrélée négativement à l'exactitude des réponses données à l'épreuve de comparaison de nombres à 1 chiffre ($r(75) = -.263, p = .021$). Ces compétences mathématiques semblent moins bien se développer quand les enfants jouent souvent à des jeux qui ne sont ni des jeux de cartes ni des jeux de société.

.2.6.4. Jeux «autres»

Enfin, en ce qui concerne les enfants qui jouent à des jeux "autres" (n'entrant pas dans les catégories précédentes), on n'observe ni de corrélation pour les enfants qui jouent à ces jeux, ni de corrélation pour les enfants qui ne jouent pas à ces jeux.

Discussion

Le niveau de compétences mathématiques des jeunes enfants dès la maternelle est un facteur déterminant de leur réussite académique et professionnelle (Ramey & Ramey, 2004). En effet, les apprentissages formels et informels proposés à la maison ont une incidence considérable sur ce niveau de compétence (LeFevre et al., 2009). Ainsi, connaître les apports d'un support numérique fréquemment utilisé par les enfants tel que la tablette numérique permet d'évaluer sa pertinence sur les apprentissages. Il est donc important d'évaluer le retentissement de cet outil afin de l'utiliser à bon escient. La présente étude visait à mesurer les apports du support numérique de type tablette sur le développement des compétences mathématiques, plus particulièrement sur le développement du SNA des enfants scolarisés en grande section et moyenne section de maternelle. La littérature scientifique actuelle ne nous permet pas de prédire les possibles résultats de cette étude. Effectivement, aucune étude à notre connaissance n'a évalué l'impact des habitudes de jeu numériques sur le développement des compétences mathématiques des enfants. Afin de mesurer les apports de la tablette numérique sur les apprentissages mathématiques, nous avons croisé les données entre les réponses aux questionnaires parentaux et les résultats aux épreuves mathématiques et à l'épreuve de la WNV. Plus précisément, nous avons recueilli les habitudes numériques de jeu des enfants, le type de jeu utilisé et la durée de jeu sur la tablette. Nous nous sommes d'abord intéressés à l'impact de facteurs généraux tels que l'âge et les aptitudes cognitives générales sur les compétences mathématiques, en particulier celles impliquant le SNA. Ensuite, nous nous sommes intéressés à la durée et à la fréquence de jeu sur tablette et l'impact de ces comportements sur ces mêmes compétences mathématiques. Enfin, nous avons porté notre attention sur l'impact du type de jeu utilisé par les enfants.

La présente étude montre que les enfants, en grandissant ont de meilleures performances au niveau du SNA. Elles montrent également que les aptitudes cognitives générales augmentent lorsque les enfants avancent dans l'âge. Nos résultats mettent en exergue la validité des données utilisées dans cette recherche, ce qui peut donner confiance en la validité de nos données et de nos résultats. De manière générale, la durée de jeu sur tablette affecte les compétences en comparaison symbolique de nombres à 1 chiffre : plus les enfants jouent à la tablette plus leurs compétences à cette épreuve sont impactées négativement. On peut supposer que les enfants qui jouent beaucoup à la tablette sont moins fréquemment confrontés aux nombres que les autres enfants. En effet, ces enfants ont moins de temps pour se consacrer à d'autres activités impliquant des nombres. Par conséquent, leur accès au sens du nombre se développerait moins bien. La durée de jeu sur tablette n'a pas de conséquences sur les compétences en comparaison symbolique à 2 chiffres. De plus, la durée de jeu ne corrèle cependant pas avec l'épreuve de la ligne numérique. A force d'y être confronté, la ligne numérique va s'améliorer avec l'apprentissage (Siegler & Booth, 2004). En effet, en grandissant les apprentissages formels des codes symboliques auxquels les enfants sont soumis rendent la ligne numérique de plus en plus linéaire (Thévenot & Masson, 2013).

Le type de jeu influence également les compétences mathématiques des enfants. En effet, la précision de la ligne numérique des enfants qui jouent souvent et/ou fréquemment à des jeux d'action ou d'aventure s'améliore. Certains jeux de ce type améliorent la précision de la ligne numérique de par leur mode : ces jeux sont orientés spatialement de gauche à droite, comme la ligne numérique. En se déplaçant vers la droite et en accumulant des objets, les enfants développent une meilleure précision sur la ligne numérique que ceux qui ne jouent pas à ces jeux. Concernant les enfants qui ne jouent pas à des jeux éducatifs, la durée de jeu sur tablette affecte négativement leurs compétences sur la ligne numérique, la comparaison non symbolique et la comparaison de nombres à 1 chiffre. De plus, la fréquence de jeu sur tablette de ces enfants influe négativement sur les compétences de comparaison non symbolique et de comparaison symbolique de nombres à 1 chiffre. Ces compétences se développent moins bien lorsque les enfants jouent à des jeux non éducatifs. En ce qui concerne les enfants qui ne jouent pas à des jeux de cartes ou de société, la durée de jeu impacte négativement les compétences de comparaison de nombres à 1 chiffre. Cette compétence mathématique se développe moins bien quand les enfants jouent souvent à des jeux qui ne sont ni des jeux de cartes ni des jeux de société. Les enfants qui jouent à des jeux de cartes et de jeux de société sont plus confrontés à des nombres, que ceux qui jouent à d'autres jeux. Effectivement, les jeux de société de type plateau contenant des chiffres améliorent certaines compétences mathématiques (Ramani & Siegler, 2008).

Les analyses des corrélations en fonction de la classe montrent que plus les enfants avancent en âge plus leurs aptitudes cognitives générales se développent et plus leur ligne numérique gagne en précision, comme attendu (Siegler & Booth, 2004). La corrélation entre la durée de jeu sur tablette et la comparaison symbolique de nombres à 1 chiffre n'est visible qu'à partir de la GSM. On remarque que les atteintes du SNA se retrouvent seulement à partir de la GSM, ce qui évoque le postulat d'une atteinte tardive du SNA. La tablette numérique semble entraver cet apprentissage et ce déficit n'apparaît que lorsque les enfants sont suffisamment grands. On peut supposer qu'en grandissant les enfants jouent plus fréquemment à la tablette que les enfants plus jeunes. Leurs performances mathématiques s'en trouveraient alors impactées. On peut également présumer qu'ils ont plus facilement accès à une tablette numérique et y jouent ainsi plus souvent que leurs pairs moins âgés.

Lorsque la variable concernant les aptitudes cognitives générales est contrôlée, les corrélations disparaissent. Cela semble montrer un retentissement sur les facteurs généraux. Les aptitudes cognitives générales semblent jouer le rôle de médiateur entre le temps passé sur la tablette et les compétences mathématiques. La durée de jeu sur tablette impacte les aptitudes cognitives générales de telle manière qu'elle influe sur les compétences du SNA à son tour. Les aptitudes cognitives générales sont en effet nécessaires pour développer de bonnes compétences mathématiques (Leclerc, Larivée, Archambault, & Janosz, 2010). Cette compétence générale n'a pas les mêmes répercussions chez les enfants de MSM et de GSM. En effet, la conséquence est plus importante chez les GSM. On peut supposer que le déficit n'a pas eu le temps de s'installer en MSM.

Au vu des résultats obtenus, il serait pertinent de s'intéresser aux enfants de classes supérieures, comme les enfants scolarisés en classe préparatoire (CP), afin d'évaluer l'impact de la tablette numérique sur le SNA de ces enfants. Les effets de la tablette numérique n'étant visibles qu'après un certain temps, nous pouvons supposer que le déficit sera plus étendu en classe de CP. Il serait intéressant de reprendre la méthodologie de la présente étude sur des enfants scolarisés en CP, en leur proposant le questionnaire parental et les épreuves mathématiques impliquant le SNA. Cela permettrait d'évaluer si un éventuel déficit des compétences du SNA dû à l'utilisation de la tablette numérique est présent chez ces enfants.

Cette étude présente certaines limites. L'analyse de corrélations de Pearson permet d'examiner les associations entre les différentes variables étudiées. Néanmoins, nous ne connaissons pas les facteurs qui entraînent les enfants à jouer sur la tablette, ni ce que font exactement les enfants sur la tablette à part jouer aux jeux cités précédemment. On peut donc supposer que ceux qui jouent fréquemment à la tablette n'ont pas la possibilité de faire d'autres activités, qui permettraient de développer leurs aptitudes cognitives générales.

Le support numérique de type tablette semble améliorer certaines compétences mathématiques impliquant le SNA. En effet, le temps passé sur la tablette numérique améliore la précision sur la ligne numérique, seulement si les enfants jouent à des jeux d'aventure ou d'action. Cependant, la durée de jeu semble affecter de manière importante des compétences plus générales comme les aptitudes cognitives générales des enfants. Ces compétences impactent à leur tour certaines compétences mathématiques comme les performances en comparaison symbolique à 1 chiffre. Le temps passé sur la tablette numérique engendre des conséquences néfastes importantes sur le développement global des enfants scolarisés en maternelle.

Conclusion

Au vu de l'essor du numérique ces dernières années, nous avons décidé d'orienter notre sujet de mémoire vers l'impact du support numérique de type tablette sur certaines compétences mathématiques impliquant le SNA. Les résultats de cette étude ont un intérêt en prévention et remédiation orthophonique. En effet, nous avons observé que le temps passé sur la tablette numérique engendre

des conséquences néfastes importantes sur le développement global des enfants scolarisés en maternelle. Ces résultats sont enrichissants pour ma future pratique orthophonique. Ils me permettront en effet de faire de la prévention orthophonique concernant l'usage des écrans mais également de conseiller les familles sur le type de jeu à favoriser sur tablette, si cette dernière est utilisée à la maison.

La rédaction de ce mémoire a été forte d'enseignements. Le contact avec le monde de la recherche m'a permis de développer des compétences dans le domaine de l'analyse de données. La lecture d'articles scientifiques a demandé un investissement personnel important. Elle m'a permis de renforcer les bases théoriques transmises par le département d'orthophonie ces cinq dernières années et de rédiger ce mémoire. Ce travail de recherche scientifique est très enrichissant pour ma future pratique orthophonique, il m'a appris à sélectionner de façon pertinente des informations scientifiques, afin d'exercer une pratique orthophonique fondée sur l'Evidence Based Practice (EBP).

Bibliographie

- Benavides-Varela, S., Butterworth, B., Burgio, F., Arcara, G., Lucangeli, D., & Semenza, C. (2016). Numerical Activities and Information Learned at Home Link to the Exact Numeracy Skills in 5–6 Years-Old Children. *Frontiers in Psychology*, 7.
- Brankaer, C., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2016). Symbolic magnitude processing in elementary school children: A group administered paper-and-pencil measure (SYMP Test). *Behavior Research Methods*, 49(4), 1361-1373.
- Cornu, V., Schiltz, C., Pazouki, T., & Martin, R. (2017). Training early visuo-spatial abilities: A controlled classroom-based intervention study. *Applied Developmental Science*, 23(1), 1-21.
- Dehaene, S. (2001). Precursor of The Number Sense. *Mind and Language*, 16(1), 16-36.
- Dossey, J. A., Mullis, I. V. S., Lindquist, M. M., & Chambers, D. L. (1988). The mathematics report card: are we measuring up?. *National Assessment of Educational Progress Report*, ed E. T. Service (Princeton, NJ).
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307-314.
- Gilmore, C. K., McCarthy, S. E., & Spelke, E. S. (2010). Non-symbolic arithmetic abilities and mathematics achievement in the first year of formal schooling. *Cognition*, 115(3), 394-406.

- Griffin, S. A., Case, R., & Siegler, R. S. (1994). Rightstart: Providing the central conceptual prerequisites for first formal learning of arithmetic to students at risk for school failure. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (p. 25–49). The MIT Press.
- Griffin, S. (2004). Building number sense with Number Worlds: a mathematics program for young children. *Early Childhood Research Quarterly, 19*(1), 173-180.
- Halberda, J., Mazocco, M. M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature, 455*(7213), 665-668.
- Harlé, B., & Desmurget, M. (2012). Effets de l'exposition chronique aux écrans sur le développement cognitif de l'enfant. *Archives de Pédiatrie, 19*(7), 772-776.
- Heinrich, P. (2016). The IPAD as a tool for education : A study of the introduction of iPads at Longfield Academy, Kent. Consulté le 15 mars 2019, à l'adresse https://learningfoundation.org.uk/wp-content/uploads/2015/12/Longfield_The_iPad_as_a_Tool_for_Education.pdf
- Huntley-Fenner, G., & Cannon, E. (2000). Preschoolers' Magnitude Comparisons are Mediated by a Preverbal Analog Mechanism. *Psychological Science, 11*(2), 147-152.
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(25), 10382-10385.
- Karsenti, T. & Bugmann, J. (2018). Les tablettes tactiles à l'école : quels impacts auprès d'élèves ayant des difficultés d'apprentissage ?. *Éducation et formation, 103-114*.
- Leclerc, M., Larivée, S., Archambault, I. & Janosz, M. (2010). Le sentiment de compétence, modérateur du lien entre le QI et la performance scolaire. *Revue canadienne de l'éducation, 33*(1), 31-56.
- L'école numérique. (2017). Consulté le 20 octobre 2019, à l'adresse <https://www.gouvernement.fr/action/l-ecole-numerique>
- Lefevre, J.-A., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Kamawar, D., & Bisanz, J. (2009). Home numeracy experiences and children's math performance in the early school years. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement, 41*(2), 55-66.
- Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2003). Origins of Number Sense. *Psychological Science, 14*(5), 396-401.
- Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M.-T., & Velay, J.-L. (2005). The influence of writing practice on

- letter recognition in preschool children: A comparison between handwriting and typing. *Acta Psychologica*, 119(1), 67-79.
- Madigan, S., Browne, D., Racine, N., Mori, C., & Tough, S. (2019). Association Between Screen Time and Children's Performance on a Developmental Screening Test. *JAMA Pediatrics*, 173(3), 244.
- Mejias, S., & Schiltz, C. (2013). Estimation abilities of large numerosities in Kindergartners. *Frontiers in Psychology*, 4.
- Mindscape. (2000). *Lapin Malin: Voyage au pays de la lecture*. Boulogne Billancourt, France: Mindscape.
- Mueller, P. A., & Oppenheimer, D. M. (2014). The Pen Is Mightier Than the Keyboard. *Psychological Science*, 25(6), 1159-1168.
- Nosworthy, N., Bugden, S., Archibald, L., Evans, B., & Ansari, D. (2013). A Two-Minute Paper-and-Pencil Test of Symbolic and Nonsymbolic Numerical Magnitude Processing Explains Variability in Primary School Children's Arithmetic Competence. *PLoS ONE*, 8(7), e67918.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting Broad and Stable Improvements in Low-Income Children's Numerical Knowledge Through Playing Number Board Games. *Child Development*, 79(2), 375-394.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2011). Reducing the gap in numerical knowledge between low- and middle-income preschoolers. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 32(3), 146-159.
- Ramey, C. T., & Ramey, S. L. (2004). Early Learning and School Readiness: Can Early Intervention Make a Difference? *Merrill-Palmer Quarterly*, 50(4), 471-491.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of Numerical Estimation in Young Children. *Child Development*, 75(2), 428-444.
- Thevenot, C., & Masson, S. (2013). Améliorer les compétences numériques. *ANAE. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, (123), 182-188.
- Vilette, B., Mawart, C., & Rusinek, S. (2010). L'outil « estimateur », la ligne numérique mentale et les habiletés arithmétiques. *Pratiques Psychologiques*, 16(2), 203-214.
- Villemonteix, F., Hamon, D., Nogry, S., Séjourné, A., Hubert, B., & Gélis, J.-M. (2014). *Expérience tablettes tactiles à l'école primaire - ExTaTE*. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/profile/Catherine_Thevenot/publication/259231844_Ameliorer_les_compences_numeriques/links/00b7d52a890681aa7a000000.pdf

- Wechsler, D., & Naglieri, J. A. (2006). Wechsler Nonverbal Scale of Ability. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*(5), 426-432.
- Wilson, A. J., Dehaene, S., Dubois, O., & Fayol, M. (2009). Effects of an Adaptive Game Intervention on Accessing Number Sense in Low-Socioeconomic-Status Kindergarten Children. *Mind, Brain, and Education, 3*(4), 224-234.
- Wood, J. N., & Spelke, E. S. (2005). Infants' enumeration of actions: numerical discrimination and its signature limits. *Developmental Science, 8*(2), 173-181.
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition, 74*(1), B1-B11.