



MEMOIRE

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

Laura PINÈDE

qui sera présenté au jury en juin 2020

**Temps d'utilisation d'une tablette tactile à la
maison et compétences mathématiques en
maternelle : quel lien ?
Impact sur les systèmes numériques approximatif et exact**

MEMOIRE dirigé par

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

Lille – 2020

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement ma directrice de mémoire, Madame Mejias, pour sa bienveillance, sa disponibilité sans faille, ses remarques constructives et son soutien durant ces deux dernières années.

Je remercie bien sûr Lisa, avec qui j'ai eu la chance de partager cette aventure.

Je remercie les écoles ainsi que les enfants et leurs parents ayant participé au projet et sans qui cette étude n'aurait pu voir le jour. Merci également aux anciennes étudiantes de Lille et notamment à Océane dont le travail a offert un beau point de départ.

Merci par avance aux membres du jury pour le temps consacré à la lecture et à l'évaluation de ce mémoire.

Je tiens à remercier mes maîtres de stage : Perrine, Audrey, Clémentine et Elodie pour avoir partagé leurs expériences avec humanisme et bienveillance. À cette occasion, je remercie tout particulièrement Ève de m'avoir montré la voie de cette belle profession ainsi que Margaux pour les trois stages effectués à ses côtés tous aussi enrichissants sur le plan professionnel que personnel.

Je remercie vivement mes parents qui ont rendu ces études possibles de par le soutien inconditionnel qu'ils m'apportent à tous les niveaux, depuis toujours. Merci également à ma petite sœur Julie qui a su éclairer mon chemin dans les méandres des statistiques mais aussi bien au-delà.

Enfin, un immense merci aux meilleures amies qu'on peut espérer rencontrer. Sans leur humour constamment débordant ou leur loyauté incommensurable, les cinq dernières années auraient cruellement manqué de piment ! Je remercie alors l'orthophonie d'avoir mis toutes ces personnes extraordinaires sur ma route.

Résumé :

Deux constats sont à l'origine de ce mémoire : d'une part l'exposition aux écrans, notamment interactifs, fait débat au sein de la communauté scientifique ; d'autre part, si les effets de ces écrans sur le développement langagier et intellectuel sont très étudiés, le domaine des compétences mathématiques précoces semble être le « parent pauvre » de la recherche. Cette étude à visée préventive a pour objectif de déterminer l'existence éventuelle d'un lien entre le temps alloué à la tablette à chaque utilisation et les performances numériques en maternelle. La distribution de questionnaires parentaux a permis de connaître les habitudes de jeux à la maison de 101 enfants. Le temps consacré à la tablette par ces enfants a ensuite été croisé avec leurs résultats à des épreuves mathématiques impliquant les deux systèmes numériques (approximatif et exact). Nos analyses montrent que le temps alloué à la tablette a une influence négative sur les performances mathématiques des enfants de moyenne et de grande section de maternelle. De futures recherches pourraient être initiées avec un questionnaire parental modifié et des participants plus âgés. Finalement, il semble qu'un important travail de prévention reste à fournir afin que les recommandations sanitaires gouvernementales et scientifiques soient entendues et appliquées par les familles.

Mots-clés :

Cognition mathématique, Compétences numériques précoces, Développement de l'enfant, Maternelle, Tablette numérique.

Abstract :

Two observations are at the origin of this thesis : on the one hand, exposure to screens, especially interactive ones, is a subject of debate within the scientific community; on the other hand, while the effects of these screens on language and intellectual development are much studied, the field of early mathematical skills seems to be the most neglected area of research. This preventive study's objective is to determine whether there is a possible link between the time spent on the tablet per use and numerical performance in kindergarten. The distribution of parent survey provided information on the home-playing habits of 101 children. The time spent on the tablet by these children was then cross-referenced with their results in mathematical tests involving both numerical systems (approximate and exact). Our analyses show that the time spent to the tablet has a negative influence on the mathematical performance of children in the middle and large kindergarten sections. Future research could be initiated with a modified parental questionnaire and older participants. Finally, it seems that important prevention work remains to be done so that government and scientific health recommendations are heard and applied by families.

Keywords :

Numerical cognition, Early numeracy, Child development, Kindergarten, Numerical tablet.

Table des matières

Table des matières.....	1
Introduction.....	1
Contexte théorique, buts et hypothèses.....	2
1. Le développement des compétences numériques chez l'enfant.....	2
1.1 La représentation analogique.....	4
1.1.1 Le système numérique approximatif (SNA).....	4
1.1.2 Le système numérique exact (SNE).....	4
1.2 Les représentations symboliques.....	5
1.2.1 Les nombres arabes.....	5
1.2.2 Les nombres oraux verbaux (modalité auditive).....	5
2. Liens compétences arithmétiques précoces et réussite scolaire.....	5
3. Les écrans et le développement.....	6
4. Les jeux de société.....	8
5. L'influence de l'environnement familial.....	9
5.1 Le niveau socio-économique (NSE).....	9
5.2 Le rôle des parents.....	10
6. Objectifs et hypothèses.....	10
Méthodologie.....	11
1. La population.....	12
2. Le pré-test.....	13
3. Le questionnaire.....	15
Résultats.....	16
1. Présentation des scores des enfants aux différentes épreuves du pré-test.....	16
1.1 Comparaison entre les scores des enfants de MSM et de GSM.....	16
1.2 Corrélations entre épreuves.....	17
2. Utilisation et possession de tablettes par les enfants.....	18
2.1 Habitudes d'utilisation de la tablette.....	18
2.2 Possession d'une tablette par les enfants et impact sur le temps d'utilisation.....	19
3. Impact du temps de jeu sur tablette sur les compétences mathématiques.....	20
3.1 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves du pré-test ..	21
3.1.1 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves de l'ensemble de l'échantillon.....	21
3.1.2 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves des enfants de MSM.....	21
3.1.3 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves des enfants de GSM.....	22
3.2 Contrôle pour la variable QI et impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves du pré-test.....	22

3.2.1	Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves de l'ensemble de l'échantillon (QI contrôlé).....	23
3.2.2	Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves en séparant les niveaux MSM et GSM (QI contrôlé)	23
4.	Discussion intermédiaire	24
Discussion	25
1.	Habitudes d'utilisation de la tablette tactile chez les enfants de MSM et de GSM	25
2.	Influence du temps d'exposition à la tablette sur le QI.....	25
3.	Influence du temps d'exposition à la tablette sur les compétences numériques précoces	26
4.	Contrôle du biais d'interprétation par le QI.....	28
5.	Influence du temps d'exposition à la tablette sur le SNA et le SNE.....	29
6.	Le questionnaire	29
Conclusion	30
Bibliographie	32
Liste des annexes	36
Annexe n°1	: Questionnaire parental utilisé dans l'étude	36
Annexe n°2	: Protocole du pré-test	36
Annexe n°3	: Questionnaire parental modifié (Vasseur, 2019)	36

Introduction

Dans la société actuelle, les écrans font partie intégrante de nos vies, d'ailleurs les foyers ne disposant d'aucun outil numérique restent aujourd'hui très exceptionnels. Forts de ce constat, de nombreux scientifiques se sont questionnés sur les bénéfices mais aussi les risques inhérents à ces nouvelles technologies. L'exposition des enfants aux écrans paraît toutefois faire débat et les avis semblent aussi nombreux que les scientifiques s'intéressant au sujet.

En revanche, si les débats sont houleux dans le domaine du développement langagier et cognitif de l'enfant, le lien entre exposition aux écrans et performances mathématiques semble encore très peu étudié par la communauté scientifique. Sans réponses claires de la part des chercheurs, plusieurs supports d'apprentissages voient régulièrement le jour dans le commerce, divers jeux de société, livres et désormais applications mobiles promettent aux parents de développer les performances arithmétiques de leurs enfants. Ces applications ludiques à visée pédagogique se multiplient donc sur le marché et transforment nos modes d'apprentissages. Les jeux de société sont oubliés dans un coin au profit de ces nouveaux supports, pourtant nous verrons que ces jeux, notamment ceux faisant intervenir des plateaux, ont encore beaucoup à offrir.

Il existe par ailleurs des données très contradictoires dans la littérature scientifique concernant les risques que peuvent engendrer l'utilisation spécifique d'outils numériques interactifs chez le tout-petit. Ce mémoire tentera de répondre aux interrogations que peuvent avoir de nombreux parents et professionnels face à ces nouvelles technologies. Nous nous intéresserons particulièrement au temps consacré par les enfants à la tablette numérique et aux répercussions engendrées sur le développement des compétences mathématiques chez l'enfant de maternelle. En effet, nous savons que les compétences numériques précoces sont prédictives de la réussite scolaire en mathématiques à l'école primaire et parfois même jusque dans les classes supérieures (Jordan, Kaplan, Raminemi & Locuniak, 2009) ; il paraît donc essentiel de s'y intéresser plus précisément.

Nous constaterons aussi que l'environnement familial a un rôle prépondérant dans les apprentissages des enfants. En effet, le niveau socio-économique mais aussi l'implication des parents sont autant de facteurs à ne pas négliger (Parson, Alder & Kaczala, 1982 ; Starkey, Klein & Wakeley, 2004).

Dans un premier temps, nous présenterons les données théoriques et scientifiques sur lesquelles s'appuiera ce mémoire. Nous commencerons par détailler le développement des compétences numériques puis le lien qui existe entre compétences arithmétiques précoces et réussite scolaire. Nous aborderons l'impact de l'utilisation d'outils numériques et de jeux de société au quotidien et nous nous intéresserons à l'influence que peut avoir l'environnement familial sur les progrès des enfants. Enfin, en lien avec cette revue de la littérature, les objectifs et hypothèses que nous émettons seront présentés.

Dans un second temps nous décrirons la méthodologie, présenterons les résultats, puis les discuterons en regard des hypothèses émises et des connaissances scientifiques actuelles. Nous conclurons enfin à la lumière des connaissances apportées par la littérature scientifique et la présente étude.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Le développement des compétences numériques chez l'enfant

Dès la naissance, les enfants présentent des habiletés numériques innées. En effet, dès les premières heures de vie ils sont en capacité de discriminer deux grandes numérosités (Izard, Sann, Spelke & Streri, 2009).

Grâce aux travaux de Stanislas Dehaene, et notamment le Modèle du Triple Code (Figure 1) nous savons également que les représentations numériques sont traitées au sein de zones cérébrales distinctes. Le sillon intrapariétal permet de traiter les représentations analogiques ; le gyrus fusiforme les représentations arabes et le gyrus angulaire gauche intervient dans le traitement des représentations verbales de la numérosité.

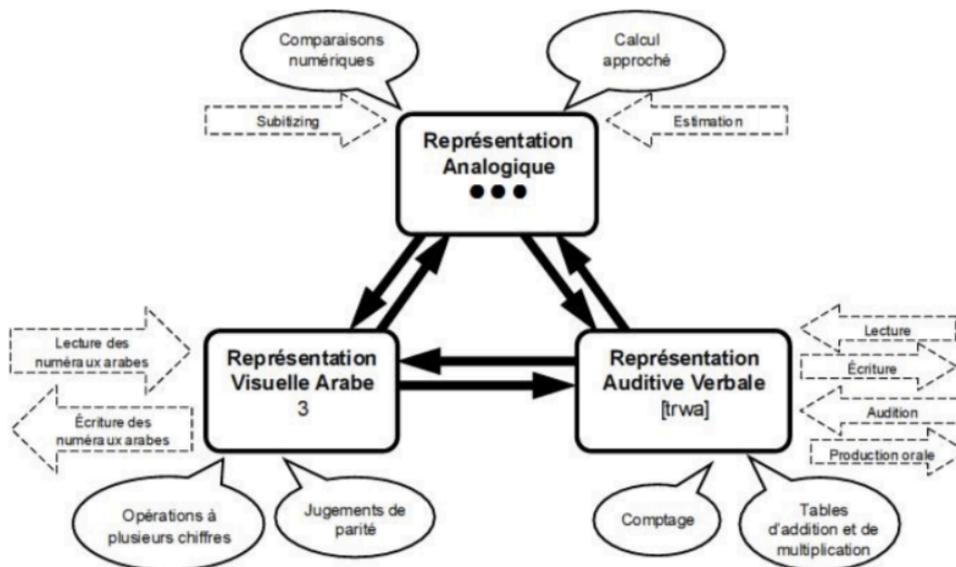


Figure 1. Modèle du Triple Code d'après Dehaene (Dehaene, 1992)

L'activation dès la naissance d'une région cérébrale spécifique au traitement analogique prouve l'existence de certaines compétences numériques innées. Cependant le développement des zones cérébrales activées lors de l'utilisation des représentations symboliques montre également la part importante de l'apprentissage dans le développement des habiletés numériques chez l'enfant. En effet seul un long apprentissage permettra l'activation d'autres localisations spécifiques telles que le gyrus fusiforme par exemple.

Stanislas Dehaene a également défini les notions de « ligne numérique mentale » et de « sens du nombre ».

La ligne numérique mentale serait présente chez toute personne dès sa naissance. Cette ligne numérique mentale est la représentation mentale que l'on se fait des quantités, ces dernières sont classées sur cette ligne par ordre croissant de gauche à droite. Sur cette ligne nous avons donc la

représentation de la quantité 2 plus à gauche que celle de la quantité 3. La ligne numérique mentale étant innée elle ne dépendrait pas du langage et sous-tendrait le système analogique (Dehaene, 1992).

Ensuite, le sens du nombre est une forme d'intuition numérique innée et présente dès la naissance. Il permet d'estimer rapidement une quantité d'éléments, de comparer deux quantités et de les combiner par des additions ou soustractions. Le sens du nombre reposerait sur trois critères : « rapidité, automaticité et introspection consciente » (Dehaene, 1997). D'après plusieurs études le sens du nombre serait l'un des fondements les plus importants de la cognition mathématique (Dehaene, 1997 ; Dehaene, Molko, Cohen & Wilson, 2004 ; Gilmore, McCarthy & Spelke, 2007).

Par ailleurs, nous savons que le développement des compétences numériques dépendrait aussi de certains facteurs tels que la mémoire de travail, la vitesse d'exécution et les facultés intellectuelles (Geary, 2011). Afin de prendre en compte les différents processus, cognitifs ou non, influençant le développement des compétences numériques, Kauffman, Wood, Rubisten et Henuk ont proposé le modèle développemental du calcul en 2011 en s'appuyant sur le modèle du triple code (Dehaene, 1992).

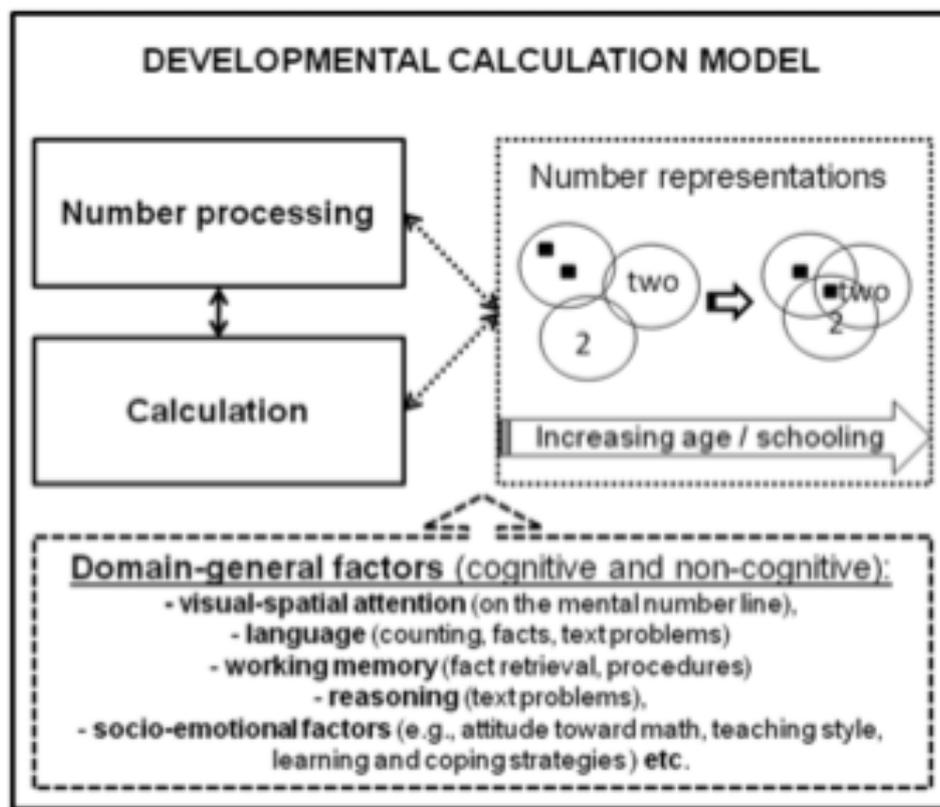


Figure 2. Modèle développemental du calcul (Kauffman et al., 2011)

Le modèle développemental du calcul (Kauffman et al., 2011) prend en compte les compétences visuo-spatiales, langagières, de mémoire de travail, de raisonnement ainsi que l'état émotionnel de l'enfant, considérant que ces facultés influencent le développement de ses compétences numériques.

1.1 La représentation analogique

La représentation analogique est une représentation non symbolique : chaque unité est représentée par un élément concret, par exemple trois points seront modélisés pour représenter la quantité trois.

Le sens du nombre évoqué précédemment intervient dans le traitement des quantités représentées sous leur forme analogique (Dehaene, 1997).

Au sein de la représentation analogique on retrouve d'une part le système numérique approximatif (SNA) et d'autre part le système numérique exact (SNE).

1.1.1 Le système numérique approximatif (SNA)

Le système numérique approximatif permet de traiter intuitivement et rapidement des grandes quantités, en particulier de les estimer ou de les comparer mais aussi de placer un nombre sur une échelle.

Une expérience réalisée avec la population Mundurucu a démontré que tous les êtres humains ont la capacité de comparer deux quantités, et cela indépendamment de leur mode de vie. Cette expérience a également permis de constater que tout individu considère la suite numérique comme une suite logarithmique. En effet, plus les chiffres à placer sont grands plus ils sont considérés comme proches et donc placés près les uns des autres sur la ligne. Les petites quantités sont quant à elles mieux discriminées, c'est l'effet de taille (Pica, Lemer, Izard & Dehaene, 2004).

Il existe aussi un effet de distance, c'est-à-dire que plus les nombres sont éloignés plus il est facile de les comparer, de les percevoir comme différents. Cet effet de distance serait présent dès la naissance et interviendrait dès l'âge de cinq ans de manière aussi fonctionnelle que chez un adulte. (Gilmore et al., 2007).

1.1.2 Le système numérique exact (SNE)

Il existe deux procédés de traitement exact des nombres : le subitizing et le comptage.

Le subitizing permet de percevoir immédiatement et avec exactitude une petite quantité sans avoir recours au comptage (Mandler & Shebo, 1982). Afin de vérifier la présence de cette capacité dès la naissance, Antell et Keating (1983) ont réalisé une expérience avec 40 nouveaux-nés âgés de 21 à 144 heures. Des cartes blanches sur lesquelles étaient dessinés des points noirs de 8cm de diamètre étaient présentées aux bébés. Sur chaque carte il y avait entre deux et six points et chaque numérosité était représentée sur deux cartes différentes afin de faire varier la densité des points. Lors de cette expérience, les nouveaux-nés fixaient plus longtemps les cartes lorsqu'ils percevaient un changement de numérosité. À cet âge, le changement était perçu uniquement pour les petites quantités (2 à 3 et 3 à 2). Cette expérience montre que le subitizing est possible dès la naissance. Cette compétence est donc innée mais le temps de réponse varie au cours du développement, par exemple un enfant de onze ans pourra traiter plus rapidement une petite quantité via le subitizing qu'un enfant plus jeune (Schleifer & Landerl, 2011). Il n'y a pas de consensus quant à la quantité maximale pouvant être appréhendée par ce procédé à l'âge adulte. Selon Fayol (2004) le subitizing serait possible pour traiter jusqu'à trois unités, contre cinq pour Starkey et Cooper (1995).

Le comptage terme à terme permet également un traitement exact d'une quantité mais ce procédé n'est pas inné, à l'inverse du subitizing, et demande un entraînement spécifique. Il permet par ailleurs de dénombrer de grandes quantités.

1.2 Les représentations symboliques

1.2.1 Les nombres arabes

La représentation visuelle arabe correspond à la représentation graphique des nombres via les chiffres arabes. Ces derniers ont une forme graphique pour chaque numérosité entre 0 et 9 puisqu'en France notre système est celui de la base 10. Dans ce système la valeur du chiffre dépend de sa position dans le nombre.

Lors de son apprentissage l'enfant doit mémoriser la graphie de chaque chiffre arabe et la mettre en lien avec le bon nombre oral verbal, ce qui en fait un apprentissage long et difficile. (Seron & Fayol, 1994). Grâce à leurs expériences cliniques divers professionnels ont observé qu'une confrontation régulière à cette représentation était nécessaire, sans quoi le transcodage ne se mettait pas en place correctement.

1.2.2 Les nombres oraux verbaux (modalité auditive)

Les nombres oraux verbaux, à l'instar des nombres arabes, sont arbitraires. Ils ont été choisis pour définir une quantité dans la modalité verbale. Si on ne connaît pas ces nombres il est impossible de savoir à quelle quantité ils renvoient en se basant sur leur structure ou tout autre indice oral.

À chaque nombre verbal correspond une quantité bien spécifique, ils ne sont donc pas interchangeables au sein de la chaîne appelée « chaîne numérique verbale ». L'apprentissage de la chaîne numérique verbale permet de mettre en place le dénombrement dans un premier temps puis les opérations dans un second temps. Cet apprentissage long et laborieux a lieu de l'âge de quatre ans aux sept ou huit ans de l'enfant et se décompose en cinq étapes comme l'a démontré Fuson en 1982. La première étape dite du chapelet permet à l'enfant de réciter la suite de mots nombres mais il la considère encore comme un tout indifférencié. Vers quatre ans, l'apprentissage atteint l'étape de la chaîne non sécable, c'est-à-dire que l'enfant ne peut continuer la chaîne numérique sans la redémarrer systématiquement au début. La chaîne devient ensuite sécable vers six ans et l'enfant est en capacité de compter à partir d'une borne ou entre deux bornes. Entre six et sept ans, la chaîne unitaire se met en place et les mots deviennent de vraies unités numériques. Enfin, l'apprentissage de la chaîne numérique est totalement acquis lorsque l'enfant est capable de réciter la chaîne numérique dans un sens ou dans l'autre, donc de compter à rebours par exemple (vers l'âge de huit ans) ; cette dernière étape est appelée chaîne bidirectionnelle.

La connaissance de la chaîne numérique verbale est essentielle pour exprimer la cardinalité (quantités) mais aussi l'ordinalité. En effet, être en capacité d'exprimer un rang n'est possible que si la chaîne est stable.

2. Liens compétences arithmétiques précoces et réussite scolaire

Plusieurs études se sont intéressées au lien existant entre compétences arithmétiques précoces et réussite scolaire. Par exemple, les compétences numériques des enfants pendant le cycle d'école maternelle permettraient de prédire le niveau de compétences qu'ils atteindraient au cours de leurs trois premières années de cycle primaire (Jordan et al., 2009). On sait aussi que les enfants présentant

des difficultés en mathématiques dès la maternelle sont à risque de les conserver dans la suite de leur scolarité (Aubrey, Dahl & Godfrey, 2006).

Parmi les compétences identifiées comme étant les plus prédictives de la réussite scolaire en mathématiques on relève la connaissance des nombres, la capacité à identifier un nombre manquant dans une suite de nombres et le fait de distinguer deux quantités différentes (Chard et al., 2005).

Au-delà du sexe, du niveau socioéconomique et de l'âge d'entrée à l'école, les performances futures des enfants dépendent aussi des compétences mathématiques acquises à l'issue de la maternelle.

La bonne connaissance de la ligne numérique serait également corrélée à la réussite aux épreuves arithmétiques proposées à l'école. Deux études de Booth et Siegler (2006, 2008) ont montré que les enfants réussissant un test standardisé en mathématiques étaient ceux ayant de bonnes performances dans les tâches d'estimation de résultats et de placement de nombres arabes sur une ligne numérique. Avoir une représentation précise de la ligne numérique serait alors prédictif des aptitudes arithmétiques futures. Au vu de ces études il paraît donc primordial de stimuler les pré-requis mathématiques le plus précocement possible.

Différents matériels existent afin de stimuler la connaissance des nombres, le comptage et le calcul. Par exemple le jeu informatisé « La course aux nombres » créé par l'Unité ISERM-CEA de Neuroimagerie Cognitive permet de travailler les concepts fondamentaux de l'arithmétique avec les enfants ayant entre quatre et huit ans (Wilson, Revkin, Cohen, Cohen & Dehaene, 2006).

Ce type de jeu a montré son efficacité, nous allons maintenant nous questionner sur les effets de l'utilisation de supports numériques chez les jeunes enfants.

3. Les écrans et le développement

Les écrans sont désormais omniprésents dans nos foyers, par conséquent les enfants ont accès de plus en plus tôt à ces nouvelles technologies. De nombreuses études se sont intéressées aux impacts éventuels que pouvaient avoir ces équipements sur le développement des enfants. Il a été démontré que l'utilisation trop précoce d'écrans dits « passifs » tels que la télévision pouvait avoir de nombreuses conséquences délétères, notamment sur le développement du langage (Zimmerman, Christakis & Meltzoff, 2007) et sur les capacités attentionnelles (Schmidt, Pempek, Kirkorian, Frankenfield Lund & Anderson, 2008).

Par ailleurs, écrans « passifs » et « interactifs » sont aujourd'hui mis en opposition. On parle d'écrans passifs lorsque le sujet n'a pas d'interactions avec l'écran, c'est par exemple le cas de la télévision, à l'inverse de la tablette tactile qui est considérée comme un support interactif. D'après les médias les appareils interactifs seraient nettement moins délétères que leurs homologues dits « passifs ». On s'aperçoit cependant au travers de plusieurs études que la grande majorité des enfants utilisent la tablette tactile pour regarder des dessins animés et des clips vidéo, l'utilisation est alors la même qu'avec une télévision (Rideout, 2011 ; Kabali et al., 2015). À ce jour et à notre connaissance aucune étude n'a encore pu objectiver l'influence supposément moins délétère des écrans interactifs sur le développement (voir pour revue, Desmurget, 2019). Il apparaît même que des échanges parent-enfant par le biais d'un écran quel qu'il soit, seraient moins enrichissants pour l'enfant que les mêmes interactions en l'absence de tout écran (SCP, 2017).

Notons encore que lorsque les écrans sont utilisés le soir ils semblent perturber le sommeil (Zimmerman, 2008). Or, il a été établi qu'un manque de sommeil chronique entraînait des effets néfastes sur la mémorisation, le système immunitaire ou encore le potentiel cognitif à long terme (Dutil et al., 2018). Une étude allemande de 2007 s'est intéressée plus spécifiquement aux effets que peuvent avoir les écrans sur le sommeil et la mémorisation. Pour cela trois groupes d'adolescents âgés de treize ans ont été créés. Tous les jeunes devaient apprendre une liste de mots et de nombres en fin d'après-midi, ensuite ils étaient soumis pendant une heure à une activité : un groupe regardait un film, un autre jouait à un jeu-video et le dernier (groupe contrôle) était libre de choisir son activité en dehors des deux exposées précédemment. Finalement, le groupe ayant regardé un film avait oublié 21% d'éléments de plus que le groupe contrôle. Quant au groupe « jeu-video », l'oubli dépassait de 29% celui du groupe contrôle (Dworak, Schierl, Bruns & Strüder, 2007). Ainsi, cette étude semble bien montrer les effets délétères des écrans sur les apprentissages.

En 2015, le rapport PISA (Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves) publié par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) a démontré qu'aucune corrélation positive n'a été retrouvée entre utilisation d'ordinateurs par les élèves et réussite en lecture et en mathématiques. Il apparaît même que les élèves ayant le plus vite progressé sont scolarisés dans les pays ayant engagé le moins de frais dans l'achat d'ordinateurs à l'école. Certains auteurs dont les études sont présentées dans une revue de littérature (Desmurget, 2019) ont mis en évidence qu'au-delà de six ans une exposition de plus d'une heure par jour devenait néfaste pour le développement de l'enfant, on peut alors imaginer que l'utilisation de tablettes à l'école risquerait d'augmenter encore davantage le pourcentage d'enfants en situation de surexposition quotidienne aux écrans. Concernant les enfants plus jeunes, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) précise dans un communiqué en 2019 que pour les enfants âgés de trois à quatre ans : « Une heure devant l'écran doit être un maximum ; moins c'est mieux ». Dans sa revue de littérature parue en 2019, Michel Desmurget va même plus loin et mentionne différentes recherches révélant que chez l'enfant de moins de 6 ans, 10 à 30 minutes consacrées quotidiennement aux écrans peuvent suffire à altérer significativement certaines fonctions intellectuelles.

Fort des recommandations scientifiques et dans le but d'alerter la population des dangers, le gouvernement français a lancé une campagne de prévention concernant l'exposition aux écrans en novembre 2018 en s'appuyant sur les recommandations du Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA). Selon ces dernières les enfants ne doivent pas être exposés à la télévision avant 3 ans puisqu'ils ne comprennent pas les informations reçues (son et image) et sont en pleine phase de découverte du monde et de construction d'eux-mêmes. On peut néanmoins préciser que la télévision reste préjudiciable passés 3 ans puisqu'elle a des conséquences délétères sur le langage, l'attention, la créativité, la masse pondérale ou encore le sommeil (voir pour revue, Desmurget, 2019). Quant aux compétences socles des mathématiques, elles s'ancrent chez le jeune enfant (après trois ans) par la réalisation de puzzles (Verdine, Golinkoff, Hirsh-Pasek & Newcombe, 2014), d'empilage de cubes et de jeux manipulables (Wolfgang, Stannard & Jones, 2001). Aussi, le temps passé sur les écrans n'est plus réservé à ces activités pourtant nécessaires au bon développement de l'enfant.

Malgré les nombreux effets négatifs liés à l'utilisation d'écrans, les jeux numériques à destination des enfants se multiplient sur le marché. Les enfants, comme les adultes, y trouvent un intérêt : ces appareils sont ludiques et attrayants. La tablette numérique présente aussi l'avantage d'être mobile et de proposer une grande variété de logiciels, ce qui en fait un outil pratique à utiliser

en séance. Comme cité précédemment, le jeu « la course aux nombres » est destiné à améliorer le sens du nombre chez les jeunes utilisateurs. Ce jeu a été expérimenté scientifiquement, les résultats ont montré des améliorations dans plusieurs tâches suite aux entraînements. Ces derniers seraient donc efficaces pour améliorer les compétences numériques de base (Wilson et al., 2006).

En conclusion, il semblerait alors qu'une exposition trop précoce et/ou trop importante soit délétère pour le développement cognitif des enfants puisqu'elle altérerait le langage mais aussi les capacités attentionnelles et le sommeil. Les enfants sont alors moins disponibles pour les apprentissages scolaires. Il apparaît même que le quotient intellectuel (QI) global diminue lorsque plus de deux heures sont quotidiennement consacrées aux écrans pour une utilisation de divertissement (Walsh et al., 2018). Concernant les écrans interactifs, ils semblent tout aussi néfastes pour l'enfant que la télévision et cela même après l'âge de trois ans. Enfin s'il est vrai qu'ils peuvent consolider certains apprentissages, il faut s'assurer de respecter un cadre précis en proposant des activités adaptées à l'âge et en limitant le temps d'utilisation. La possession d'une tablette tactile avant l'âge de six ans est d'ailleurs fortement déconseillée par l'académie des sciences depuis 2013.

4. Les jeux de société

Le jeu est un support ludique mais pas seulement puisqu'il favorise la motivation et la consolidation des connaissances chez l'enfant. (Sauvé, Renaud & Gauvin, 2007). Nous remarquons que des plateaux interviennent dans bon nombre de jeux de société. Le plateau implique généralement la manipulation d'un pion que l'enfant déplace dans l'espace, ce qui renforce ses représentations visuo-spatiales. Dans la majorité des jeux de plateaux, le nombre de déplacements à effectuer est indiqué par un dé dont les points sont toujours présentés dans la même position, la représentation dite « canonique » de la numérosité est alors renforcée. Dans certains jeux, des nombres arabes sont inscrits sur le dé mais plus fréquemment sur les cases du plateau. Si l'enfant joue avec un adulte, ce dernier peut verbaliser la quantité indiquée sur le dé après son lancer, ainsi le canal auditif est stimulé et il consolide l'apprentissage.

Le jeu de plateau est par conséquent un support permettant à l'enfant de rencontrer et d'associer les modalités verbale, arabe et analogique du nombre en jouant, c'est un moyen pédagogique et ludique d'apprentissage du transcodage. Déplacer un pion sur les cases du plateau donne également des repères à l'enfant puisqu'il notera rapidement que plus le nombre indiqué par le dé est grand plus ses déplacements sont nombreux et la distance parcourue importante. Ainsi, l'enfant accède au sens du nombre et affine sa ligne numérique mentale. (Ramani & Siegler, 2008)

On peut remarquer cependant qu'il existe dans le commerce des types de plateaux très différents. Par exemple, on trouve des plateaux dont les cases sont numérotées et d'autres plateaux dont les cases ne présentent aucun chiffre. Ramani et Siegler (2008) ont étudié l'impact que pouvaient avoir ces différents plateaux sur le développement des compétences numériques de 124 enfants de maternelle. Les résultats ont montré que les enfants ayant joué avec les plateaux aux cases numérotées ont progressé significativement dans les tâches de comparaison, d'estimation, de dénombrement et de comptage. Ces progrès se sont maintenus dans le temps. Il existe aussi dans le commerce des plateaux de différentes formes. Ramani et Siegler (2011) ont alors comparé les effets que pouvaient avoir un plateau linéaire, un plateau circulaire et d'autres activités numériques. Leur étude a démontré

que l'utilisation d'un plateau linéaire apportait de plus grands bénéfices que les deux autres supports d'entraînement.

5. L'influence de l'environnement familial

5.1 Le niveau socio-économique (NSE)

Nous avons vu dans la partie précédente que le type de plateau présenté aux enfants avait une incidence sur le développement des compétences numériques. Ramani et Siegler (2011) se sont également aperçus que les enfants issus de milieux défavorisés étaient ceux bénéficiant le plus des effets de l'entraînement sur plateau linéaire. Cette étude a été comparée à une autre menée précédemment (Ramani & Siegler, 2009) qui avait pour objectif d'observer les habitudes de jeu dans des familles de niveaux socio-économiques différents. Les résultats montraient que les parents de milieux favorisés incitaient davantage leurs enfants à jouer à des jeux de plateaux alors que les enfants de milieux défavorisés passaient plus de temps devant des jeux-vidéo. En revanche les auteurs se sont aperçus lors d'une expérience de deux semaines qu'en proposant quatre séances de quinze minutes de jeux de plateaux aux enfants de l'étude, ceux issus de milieux défavorisés progressaient davantage en mathématiques par rapport aux enfants de milieux favorisés. Les enfants dont le NSE des parents était faible ont pu améliorer leurs compétences et atteindre un niveau de performance identique à celui des enfants issus de familles au NSE plus élevé. D'après cette expérience, si les enfants sont suffisamment stimulés, l'effet Matthew affirmant que « les riches deviennent plus riches et les pauvres deviennent plus pauvres » semble pouvoir être remis en question.

Starkey et ses collaborateurs (2004) se sont quant à eux intéressés aux différences interindividuelles qui peuvent exister entre les enfants de milieux socio-culturels distincts à l'entrée à l'école maternelle. Un test était proposé à 163 enfants entrant en maternelle, un écart de sept mois apparaissait dans leurs niveaux de performances mathématiques en fonction de leur situation socioéconomique. Les chercheurs ont alors émis l'hypothèse que des parents avec un bon niveau socio-économique seraient plus enclins à apporter de l'aide à leurs enfants que ceux d'un niveau plus faible.

L'étude de Rideout de 2011, citée précédemment, a mis en lumière que le NSE des parents semble avoir une incidence sur le temps d'utilisation des outils numériques des enfants de la naissance à huit ans. L'auteur a relevé que 20% des enfants américains de foyers à revenu élevés étaient équipés de téléviseurs dans leur chambre, contre 64% des enfants issus de foyers à faibles revenus. Le temps cumulé d'expositions aux écrans a également été comparé en fonction des revenus des parents, il s'avère que les enfants issus de foyers dont les revenus sont supérieurs à 75000 euros passent 2h47 par jour devant un écran ; les enfants dont les revenus du foyer sont inférieurs à 30000 euros passent quant à eux 3h34 devant un écran. L'étude ne précise pas si ces différences sont significatives mais elles restent néanmoins observables.

Le milieu socio-économique semble donc avoir une influence sur la réussite scolaire en mathématiques.

5.2 Le rôle des parents

Le rôle des parents est central dans le développement des compétences numériques de leurs enfants. L'étude de Blevins-Knabe et Musun-Miller datant de 1996 montrait déjà que les enfants qui pratiquaient des activités autour du nombre à la maison avaient de meilleurs résultats aux tests d'aptitudes mathématiques que les autres. En effet, il semblerait que les enfants soient plus compétents lorsque les nombres sont abordés dans l'environnement familial. Dans la même perspective, en 2010, Huntsinger, Jose, Larson, Balsink Krieg et Shaligram ont étudié la corrélation entre le développement des compétences numériques des enfants et les efforts des parents pour leur apprendre quelques calculs simples. Là encore, les enfants sont plus performants lorsque leurs parents cherchent à leur enseigner des notions mathématiques. Une étude de LeFevre et ses collaborateurs en 2002 vient encore confirmer cela puisqu'ils constatent que la fréquence d'activités autour du nombre entre parents et enfants était directement corrélée aux performances de comptage des enfants.

Au-delà du fait de proposer des activités en lien avec les nombres à leurs enfants, les parents peuvent également les aider à améliorer leurs résultats en usant d'encouragements et de félicitations. Parsons et ses collaborateurs ont d'abord montré en 1982 que la relation qu'ont les enfants avec les mathématiques étaient davantage liées aux croyances de leurs parents concernant leurs capacités qu'aux résultats obtenus lors d'évaluations précédentes. Les enfants ont donc une meilleure estime de leurs compétences si leurs parents croient en eux et sont plus à même de progresser. Lorsque des parents sont soutenant dans les apprentissages scolaires en discutant des devoirs ou en amenant les enfants à la bibliothèque par exemple, ces derniers améliorent leurs résultats à des tests mathématiques (Sheldon & Epstein, 2005).

Enfin, Melhuish et ses collaborateurs (2008) affirment eux aussi que des enfants dont les parents sont attentifs à leurs apprentissages amélioreront leurs performances mais ils apportent un nouveau critère : si la mère possède des diplômes académiques, l'enfant progressera d'autant plus.

Tous ces éléments montrent bien l'importance du rôle des parents dans le développement des compétences numériques de leurs enfants. Un environnement porteur avec des parents attentifs aux apprentissages leur offrira de meilleures chances de réussite.

6. Objectifs et hypothèses

Le but de ce mémoire est de déterminer s'il existe un lien entre accès aux écrans, et plus particulièrement à une tablette tactile à la maison, et compétences numériques à l'école maternelle.

Nous faisons d'abord l'hypothèse que la durée d'exposition à une tablette numérique par utilisation a un impact sur la mise en place des apprentissages mathématiques. Si nous constatons que la durée d'exposition à la tablette a effectivement une influence sur les épreuves choisies, nous chercherons à déterminer si elle est négative ou positive. Nous analyserons ensuite l'impact du temps passé sur tablette sur les compétences mathématiques, dans le but de comparer le système numérique approximatif et le système numérique exact.

Nous supposons aussi que le temps passé sur une tablette varie en fonction de l'âge de l'enfant.

Ce mémoire est à visée préventive puisqu'il s'intéresse au lien potentiellement existant entre performances mathématiques et habitudes de jeux à la maison chez les enfants de maternelle. Il

permettrait donc apporter des éléments de réponses aux parents, enseignants et/ou orthophonistes qui se questionnent sur la place prise depuis quelques années par les nouvelles technologies, notamment les tablettes numériques, et plus précisément les effets qu’elles peuvent avoir sur la mise en place des apprentissages mathématiques.

Méthodologie

Ce mémoire s’inscrit dans le cadre de l’étude KIDS e-Stim dirigée par Sandrine Mejias maître de conférences à l’Université de Lille (protocole de recherche n° 2017-1-S55, ayant reçu l’approbation du Comité d’éthique d’établissement de l’Université de Lille). Cette étude vise principalement à déterminer avec quels supports (papier ou numérique) nous pourrions favoriser le développement des habiletés numériques de base chez des enfants de moyenne et grande section de maternelle afin de faciliter l’acquisition des apprentissages formels. Dans le cadre de cette étude, un questionnaire parental a aussi été distribué aux enfants participant à l’étude afin de connaître leurs habitudes de jeux et ainsi analyser l’existence d’éventuels liens entre leurs performances mathématiques et les loisirs pratiqués à la maison.

Le projet KIDS e-Stim est en cours depuis quelques années et est en partie mené par plusieurs mémorantes de l’Université de Lille, cette année nous sommes huit étudiantes à travailler de concert sur ce projet. L’étude Kids e-Stim reprend la méthodologie de Cornu et al. (2017) et celle du mémoire de Vasseur (2019). Cette dernière s’est intéressée au lien existant entre habitudes de jeu numérique et compétences mathématiques, la problématique est donc proche mais celle-ci diffère par le choix des variables et des épreuves analysées. Dans le présent mémoire, il est question de mettre en lien le temps passé sur tablette par les enfants et leurs résultats aux épreuves du pré-test.

La méthodologie de la présente étude est centrée sur les deux premières étapes du protocole de l’étude (cf. tableau 1). En effet, les étapes ultérieures de l’étude ne concernent pas la problématique présentée dans ce mémoire.

Tableau 1. Chronologie de l’étude.

Période de réalisation	Étape du protocole
Décembre 2017	Distribution des autorisations et des questionnaires parentaux
Janvier 2018	Pré-tests
Février-avril 2018	Entraînements
Mai 2018	Post-tests immédiats
Octobre-novembre 2018	Post-tests de maintien

Afin de standardiser les consignes données oralement lors des différents tests et ainsi conserver une bonne fidélité inter-juges, ces dernières ont été inscrites sur le protocole destiné aux testeurs. Les réponses des enfants ont ensuite été encodées dans un tableur Open Office, une double vérification a été effectuée systématiquement.

Un questionnaire (cf. Annexe A1) a été transmis à toutes les familles des enfants faisant partie de l’étude. Il a été créé par Véronique Cornu et permet de connaître leurs habitudes de jeux à la maison. Si les enfants ont accès à la tablette, ce questionnaire permet de savoir à quelle fréquence, pour quelle durée d’utilisation par session de jeu et quels types de jeux sont utilisés. Une troisième

partie s'intéresse aux jeux de société effectués à la maison. Les réponses à ces questionnaires ont été mises en lien avec les performances des enfants aux épreuves du pré-test. Les questionnaires ont été distribués aux parents en décembre 2017 par les enseignants sous format papier. Les données recueillies ont été encodées dans un tableur afin de pouvoir les analyser. Les données manquantes ou non interprétables ont été comptabilisées pour être considérées comme telles.

1. La population

Des enfants de moyenne section de maternelle (MSM) et de grande section de maternelle (GSM) de la région Hauts-de-France ont participé à cette étude. Pour entrer dans l'étude, ces enfants ne devaient pas être inscrits à la MDPH, être scolarisés en MSM ou GSM dans l'une des cinq écoles de zones non prioritaires sélectionnées par l'Éducation Nationale et avoir remis une autorisation parentale.

Certains enfants ont été exclus de l'étude lorsqu'ils n'ont pas rendu leur autorisation parentale, qu'ils n'ont pas été en mesure de réaliser l'ensemble du pré-test pour cause d'absences ou autres imprévus (ex. déménagement) ou que le test de quotient intellectuel (QI) a révélé de trop faibles résultats risquant de biaiser l'étude.

Tableau 2. Suivi et répartition des effectifs.

Étape	Critères nécessaires	Effectif d'enfants
1	Réalisation du pré-test	172
2	Retour du questionnaire	148
3	Réponse à la question du temps passé sur tablette	101

Comme présenté dans le tableau 2, parmi les 172 enfants ayant effectué le pré-test, seuls 148 d'entre eux ont rendu leur questionnaire parental. La question du temps passé par utilisation sur une tablette a été renseignée pour seulement 101 enfants, ce sont les enfants inclus dans le protocole du présent mémoire.

La répartition selon le sexe et la classe est retranscrite dans le tableau 3. On retrouve une parité correcte chez les GSM et un léger déséquilibre chez les MSM avec plus de garçons que de filles. On note aussi que les participants de l'étude sont en majorité des GSM.

Tableau 3. Répartition des effectifs selon la classe et le sexe.

Classe	Garçons (N)	Filles (N)	Total (N)
MSM	25	9	34
GSM	32	35	67

Total**57****44****101**

Dans l'échantillon répondant à notre problématique nous remarquons que les enfants de GSM sont plus nombreux que ceux de MSM. La parité filles/garçons a été bien respectée en GSM, en MSM les filles sont moins nombreuses que les garçons ($X^2(1) = 6.01$; $p = .014$) (cf. tableau 3).

2. Le pré-test

Les matrices de l'Échelle non verbale d'intelligence de Wechsler (WNV) (Wechsler & Naglieri, 2009) ont été systématiquement administrées aux enfants participant à l'étude. Les autres épreuves du pré-test ont pour but d'évaluer les compétences numériques, visuo-spatiales, les gnosies digitales et la mémoire de travail des enfants avant toute intervention de notre part. L'ensemble du test est constitué d'épreuves au format papier. Les enfants y ont participé par passation individuelle d'une durée comprise entre 40 et 60 minutes environ. Le protocole du pré-test est présenté en annexe (cf. Annexe A2).

Tableau 4. Description des épreuves du pré-test.

Nom de la tâche	Descriptif de la tâche	Critères de passation et de cotation
Compétences générales (non spécifiques aux mathématiques)		
Matrices non verbales de la WNV (Wechsler & Naglieri, 2009)	Compléter une matrice incomplète, en choisissant l'item manquant parmi plusieurs.	L'épreuve est notée sur 41 points
Aptitudes visuo-spatiales <ul style="list-style-type: none">• Lequel est différent ?• Lesquels sont les mêmes ?• Relations spatiales	Montrer la forme qui est différente des autres. Montrer la forme qui est identique au modèle. Relier les points comme sur le modèle.	Les deux premières épreuves sont notées sur 10 points. Celle de relations spatiales est notée sur 7 points.
Gnosies digitales (Galifret-Granjon, 1960)	Sur un contour de la main, l'enfant montre le doigt qui est touché par le testeur. La main de l'enfant est cachée.	La notation est séparée pour la main gauche et la main droite. Chaque main comptabilise 10 points.
Mémoire à court terme <ul style="list-style-type: none">• Mémoire de travail verbale (répétition à l'envers)• Mémoire visuo-spatiale (type « Corsi », version papier)	Répéter, dans l'ordre inverse, des noms de couleurs énoncées par le testeur. Montrer, dans l'ordre, des carrés bleus précédemment montrés par le testeur.	La mémoire de travail verbale est notée sur 6 points. La mémoire visuo-spatiale est notée sur 10 points.
Système numérique approximatif (SNA)		
Lignes numériques		Pour cette épreuve on mesure la moyenne des

Nom de la tâche	Descriptif de la tâche	Critères de passation et de cotation
<ul style="list-style-type: none"> Placer un chiffre (une unité) Placer un nombre (une dizaine) 	Sur une ligne bornée (0-20) non graduée, placer différents nombres.	déviations de l'enfant par rapport aux réponses attendue, en valeur absolue.
<p>Comparaison (épreuves chronométrées,)</p> <ul style="list-style-type: none"> Vitesse motrice Comparaison symbolique de chiffres Comparaison symbolique de nombres Comparaison non symbolique (ensemble de points) 	<p>Barrer la forme noire parmi 2 formes.</p> <p>Barrer le plus grand chiffre parmi 2.</p> <p>Barrer le plus grand nombre parmi 2.</p> <p>Barrer le plus grand ensemble de points parmi 2.</p>	Le nombre de réponses correctes données en 30 secondes sont comptabilisées.
Système numérique exact (SNE)		
<p>Comptage / Dénombrement (épreuves à voix haute)</p> <ul style="list-style-type: none"> Comptage libre Comptage à partir de Comptage en arrière Dénombrement (Combien de taches ?) 	<p>Compter le plus loin possible.</p> <p>Compter à partir de...</p> <p>Compter à rebours à partir de...</p> <p>Dénombrer un ensemble de cailloux.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La note de l'enfant au comptage libre correspond au dernier nombre énoncé par celui-ci. - Le comptage à partir de et le comptage en arrière sont respectivement notés sur 5 points. - L'épreuve « Combien de taches » est notée sur 3 points.
<p>Lecture de nombre à voix haute</p> <ul style="list-style-type: none"> Lecture d'un chiffre (une unité) Lecture d'un nombre (une dizaine) 	Lire le chiffre ou le nombre présenté en représentation arabe	L'épreuve est notée sur 18 points. 5 points sont attribués à la lecture de chiffres et 13 points à la lecture de nombres.
<p>Quel est le chiffre manquant ?</p> <ul style="list-style-type: none"> Trouver le chiffre manquant (une unité) Trouver le nombre manquant (une dizaine) 	Énoncer le nombre manquant dans la suite de nombres arabes présentée.	Cette épreuve est notée sur 10 points. 4 points sont attribués aux chiffres manquants et 6 points aux nombres manquants.
<p>Addition</p> <ul style="list-style-type: none"> Addition verbale avec support digital 		Les deux types d'additions sont notées chacune sur 6 points.

Nom de la tâche	Descriptif de la tâche	Critères de passation et de cotation
<ul style="list-style-type: none"> Addition verbale avec chiffres arabes 	Donner le résultat d'une addition présentée visuellement sous la forme de doigts.  Donner le résultat d'une addition présentée à l'oral et à l'écrit (nombre arabe).	

Les épreuves de la WNV, ci-après nommée « QI », du SNA et du SNE (cf. cases bleutées du tableau 4) sont les épreuves auxquelles nous nous sommes intéressées plus spécifiquement compte tenu de la problématique de ce mémoire. Il a été décidé d'étudier conjointement les performances des enfants aux épreuves évaluant les deux systèmes numériques pour deux raisons :

- La littérature scientifique ne permet pas à ce jour de conclure concernant l'ordre chronologique d'apparition des systèmes numériques dans le développement de l'enfant.
- La bonne construction du SNA semble être prédictive de la réussite scolaire après l'école maternelle et le SNE met en jeu des compétences qui sont significatives pour les parents et sources d'inquiétude en cas de difficultés de l'enfant.

Pour les épreuves « lignes numériques », « lecture à voix haute » et « quel est le chiffre manquant ? », le résultat global a été calculé pour chaque épreuve. Deux sous-totaux ont aussi été calculés en fonction de la réponse attendue (1 chiffre ou 1 nombre).

3. Le questionnaire

Afin de connaître les habitudes d'utilisation de la tablette tactile chez les enfants, le questionnaire parental présenté précédemment a été distribué aux familles (cf. Annexe A1).

Notre variable d'intérêt principale, c'est-à-dire le temps alloué à la tablette par utilisation, a été mesurée grâce à la question suivante : « Combien de temps estimez-vous que votre enfant passe sur une tablette tactile ? ». Les parents peuvent répondre au choix : plus de deux heures par utilisation, au moins deux heures par utilisation, au moins une heure par utilisation ou moins d'une heure par utilisation.

La fréquence hebdomadaire d'utilisation de la tablette a également été mesurée grâce à la question suivante : « À quelle fréquence votre enfant joue-t-il avec une tablette tactile ? ». Les parents peuvent répondre au choix : une à deux fois par semaine, trois à quatre fois par semaine, cinq à six fois par semaine ou tous les jours. Notons que parmi les 101 enfants pour qui les parents ont répondu à la question du temps passé sur une tablette, 87 d'entre eux ont également répondu à la question de la fréquence d'utilisation par semaine. Les réponses de ces 87 enfants ont été utilisées pour analyser la fréquence d'utilisation dans notre échantillon.

Pour les deux questions exposées ci-dessus, les réponses des parents ont été cotées de un à quatre dans le tableur Open Office. Les moyennes et écarts-types ont été calculées à partir de cette procédure.

Résultats

1. Présentation des scores des enfants aux différentes épreuves du pré-test

Dans le tableau 5 ci-dessous sont répertoriées les informations concernant les résultats des enfants à la WNV ainsi qu'à l'ensemble des épreuves évaluant le SNA et le SNE.

1.1 Comparaison entre les scores des enfants de MSM et de GSM

Afin de savoir si des différences entre les performances moyennes des enfants de MSM et de GSM sont observées, nous avons utilisé le test- t des échantillons indépendants de Student. Notons que pour que la différence des moyennes soit significative il faut que la valeur absolue de t soit supérieure à la valeur critique observable dans la table de Student à l'aide du degré de liberté et du risque $\alpha = 0.05$.

Pour plus de clarté, le degré de significativité est indiqué comme suit dans les tableaux 5 à 14 : ° $p = .05$; * $p < .05$; ** $p < .005$.

Tableau 5. Significativité des performances aux épreuves du pré-test.

Épreuve ¹	Classe	Effectif N	Moyenne	Écart-type	test- t et significativité
WNV (QI)	MSM	34	9.59	3.47	$t(99) = -4.53 ; p < .001^{**}$
	GSM	67	12.5	2.94	
SYSTÈME NUMÉRIQUE APPROXIMATIF					
Lignes numériques	MSM	33	2.90	1.32	$t(97) = 4.63 ; p < .001^{**}$
	GSM	66	1.75	1.09	
<i>Lignes numériques (placer 1 chiffre)</i>	MSM	31	9.22	5.17	$t(42) = 4.08 ; p < .001^{**}$
	GSM	66	5.08	3.34	
<i>Lignes numériques (placer 1 nombre)</i>	MSM	32	14.28	7.83	$t(96) = 3.59 ; p = .001^{**}$
	GSM	66	8.90	6.50	
Comparaison symbolique de chiffres	MSM	34	4.24	3.27	$t(99) = -6.23 ; p < .001^{**}$
	GSM	67	8.91	3.71	
Comparaison symbolique de nombres	MSM	32	3.69	2.12	$t(95) = -4.51 ; p < .001^{**}$
	GSM	66	6.42	3.88	
	MSM	34	8.47	0.66	$t(99) = -4.98 ; p < .001^{**}$

¹ Les épreuves notées en italique sont des sous-épreuves de l'épreuve présentée précédemment.

Épreuve ¹	Classe	Effectif N	Moyenne	Écart-type	test- <i>t</i> et significativité
Comparaison non symbolique	GSM	67	13.69	0.66	
SYSTÈME NUMÉRIQUE EXACT					
Comptage libre	MSM	34	17.53	8.91	t(99) = - 4.23 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	27.57	12.28	
Comptage à partir de	MSM	34	2.35	1.82	t(99) = - 2.38 ; <i>p</i> = .019*
	GSM	67	3.30	1.92	
Comptage arrière	MSM	34	0.65	1.10	t(93) = -3.93 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	1.75	1.69	
Dénombrement (Combien de taches ?)	MSM	34	2.18	0.94	t(52) = - 1.98 ; <i>p</i> = .053°
	GSM	67	2.54	0.70	
Lecture à voix haute	MSM	34	4.71	3.43	t(85) = - 4.61 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	8.46	4.61	
Lecture à voix haute de chiffres	MSM	34	3.38	1.69	t(38) = - 4.15 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	4.63	.65	
Lecture à voix haute de nombres	MSM	34	1.32	2.38	t(99) = - 3.81 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	3.84	4.31	
Additions digitales	MSM	34	1.44	1.86	t(80) = - 4.57 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	3.39	2.31	
Additions symboliques	MSM	34	0.85	1.23	t(98) = - 4.23 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	2.31	2.24	
Quel est le chiffre manquant ?	MSM	34	2.59	2.64	t(99) = - 4.54 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	5.45	3.15	
Quel est le chiffre (1 unité) manquant ?	MSM	34	2.38	2.22	t(99) = - 4.48 ; <i>p</i> < .001**
	GSM	67	4.27	2.88	
Quel est le nombre (1 unité) manquant ?	MSM	34	2.24	1.46	t(56) = - 1.98 ; <i>p</i> = .053°
	GSM	67	2.81	1.18	

Pour l'ensemble des épreuves exposées dans le tableau 5, les moyennes des performances des enfants de GSM sont significativement supérieures à celles de ceux de MSM.

1.2 Corrélations entre épreuves

Afin d'analyser des corrélations éventuelles et de mesurer la relation linéaire entre plusieurs variables, nous avons utilisé la corrélation de Pearson. Lorsque la *p*-valeur notée *p* est inférieure à .05 alors l'hypothèse H0 est rejetée, c'est-à-dire que la corrélation est significative. Le coefficient de corrélation de Pearson noté *r* se situe entre 1 et -1 ; il indique notamment si les variables sont corrélées positivement ou négativement, et dans quelle mesure. Le degré de liberté est noté *ddl*.

Nous avons d'abord voulu connaître l'impact du QI sur les épreuves, plusieurs épreuves semblent y être corrélées **positivement** (cf. tableau 6).

Tableau 6. Corrélations entre QI et épreuves du pré-test

Épreuve	<i>ddl</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Lignes numériques ²	99	.353	≤ .001**
Comparaison symbolique de chiffres	99	.374	≤ .001**
Comparaison non symbolique	95	.241	= .017*
Comptage libre	99	.412	≤ .001**
Comptage à partir de	99	.227	= .022*
Comptage arrière	99	.391	≤ .001**
Dénombrement	99	.391	≤ .001**
Lecture à voix haute ³	99	.470	≤ .001**
Additions digitales	99	.394	≤ .001**
Additions symboliques	99	.385	≤ .001**
Quel est le chiffre manquant ? ⁴	99	.533	≤ .001**

D'après le tableau 6, le QI semble jouer un rôle important dans la réalisation de l'ensemble des épreuves du pré-test, à l'exception de la comparaison symbolique de nombres. Compte tenu des résultats faibles des enfants à cette dernière épreuve, il semble qu'elle soit trop difficile pour leur niveau scolaire.

Précisons aussi que la majorité des épreuves sont corrélées positivement entre elles, cela semble indiquer qu'elles testent un niveau de compétences mathématiques homogène.

2. Utilisation et possession de tablettes par les enfants

Nous verrons dans cette partie quelles sont les habitudes de jeu sur tablette et le taux de possession d'une tablette personnelle pour les 101 enfants de l'échantillon.

2.1 Habitudes d'utilisation de la tablette

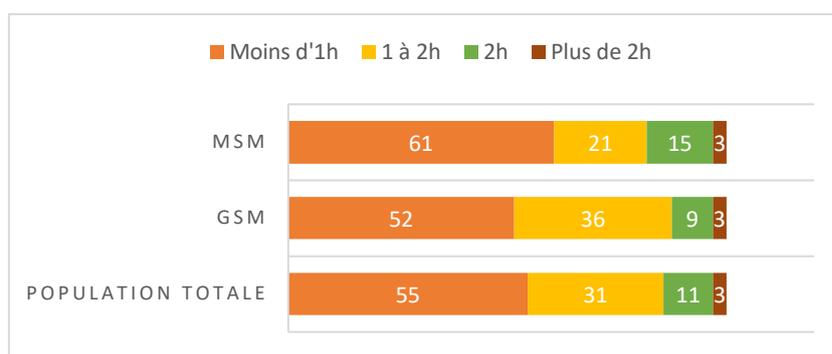


Figure 3. Pourcentage de l'échantillon en fonction du temps passé par utilisation sur une tablette.

On s'aperçoit grâce à la figure 3 ci-dessus que 39% des moyennes sections et 48% des grandes sections de maternelle de notre échantillon passent au minimum 1h par jour sur une tablette tactile.

² Les deux sous-épreuves de lignes numériques sont également corrélées positivement au QI

³ Les deux sous-épreuves de lecture à voix haute sont également corrélées positivement au QI

⁴ Les deux sous-épreuves de « quel est le chiffre manquant ? » sont également corrélées positivement au QI

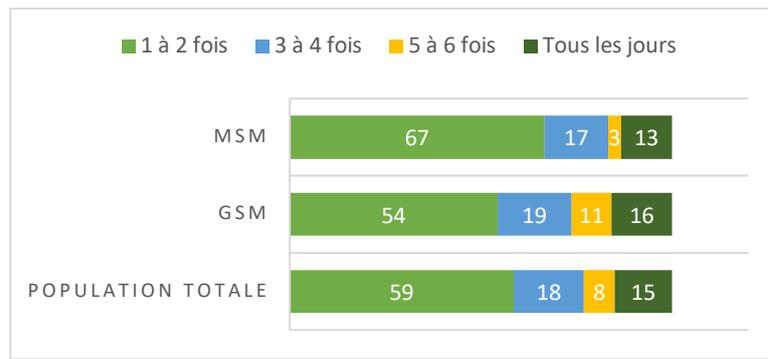


Figure 4. Pourcentage de l'échantillon en fonction de la fréquence hebdomadaire d'utilisation d'une tablette.

Nous constatons via la figure 4 que les enfants de GSM jouent plus fréquemment avec une tablette numérique que ceux de MSM.

Tableau 7. Habitudes d'utilisation de la tablette.

Mesure	Classe	Effectif N	Moyenne	Écart-type	test-t et significativité
Temps d'utilisation	MSM	34	1.56	.89	$t(99) = -.046 ; p = .963$
	GSM	67	1.57	.84	
Fréquence d'utilisation	MSM	32	1.53	1.11	$t(94) = -.548 ; p = .585$
	GSM	64	1.67	1.22	

D'après les analyses rapportées au tableau 7, les habitudes d'utilisation de la tablette ne semblent finalement pas être significativement différentes chez les enfants de MSM et de GSM, bien que les pourcentages rapportés en figures 3 et 4 ne soient pas égaux. Le niveau scolaire ne semble donc pas influencer significativement les habitudes d'utilisation de la tablette chez l'enfant.

2.2 Possession d'une tablette par les enfants et impact sur le temps d'utilisation

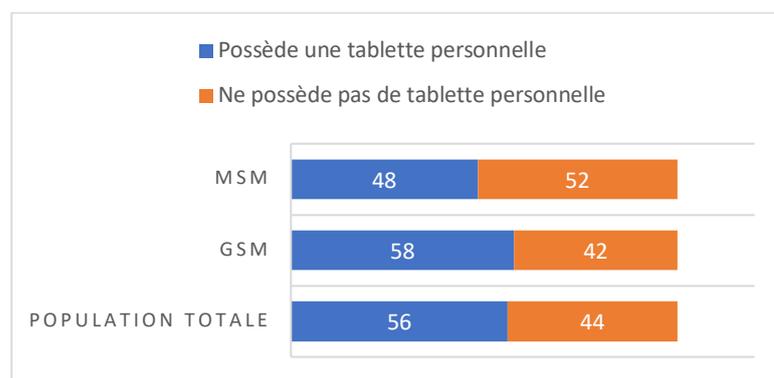


Figure 5. Pourcentage de possession d'une tablette personnelle par les enfants de l'échantillon.

Sur la cohorte analysée ici, c'est-à-dire les enfants utilisant une tablette à la maison, nous remarquons grâce à la figure 5 ci-dessus que 56% d'entre eux en possèdent une qui leur est propre. Nous notons aussi que les enfants de GSM possèdent une tablette tactile personnelle en plus grande proportion que ceux de MSM.

Tableau 8. Impact de la possession d'une tablette personnelle sur le temps d'utilisation.

Mesure	Effectif N	Moyenne	Écart-type	test- <i>t</i> et significativité
Temps d'utilisation des enfants possédant une tablette personnelle	55	1.76	.86	$t(93) = -1.73 ; p = .087$
Temps d'utilisation des enfants ne possédant pas de tablette personnelle	40	1.47	.71	

Si le temps consacré à la tablette tactile par utilisation ne semble pas être significativement différent, il est toutefois marginalement supérieur chez les enfants possédant leur propre tablette (cf. tableau 8).

Ensuite, afin de mieux connaître les habitudes de jeu des enfants ayant accès à une tablette pendant longtemps à chaque utilisation, nous avons examiné les corrélations entre temps et fréquence d'utilisation d'une tablette tactile. Les résultats sont rapportés dans le tableau 9.

Tableau 9. Corrélations entre temps et fréquence d'exposition à la tablette.

Classe	<i>ddl</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Échantillon total	94	.465	$\leq .001^{**}$
MSM	30	.529	$= .010^*$
GSM	62	.435	$\leq .001^{**}$

Le temps d'utilisation de la tablette est corrélé **positivement** à la fréquence hebdomadaire d'utilisation quelle que soit la classe de l'enfant (cf. tableau 9). Ceci signifie que les enfants jouant le plus longtemps sur une tablette sont aussi ceux qui y jouent le plus souvent.⁵

3. Impact du temps de jeu sur tablette sur les compétences mathématiques

Les corrélations entre le temps passé sur tablette et toutes les épreuves citées précédemment ont été analysées. Nous avons fait le choix de rapporter uniquement les corrélations significatives dans les tableaux 10 à 14.

⁵ Les mêmes analyses ont été effectuées avec des corrélations partielles, c'est-à-dire en neutralisant l'impact du QI, et nous observons que le temps d'utilisation reste corrélé positivement à la fréquence d'utilisation.

3.1 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves du pré-test

3.1.1 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves de l'ensemble de l'échantillon

Il apparaît que l'ensemble des épreuves présentées dans le tableau 10 sont corrélées **négalement** au temps d'utilisation de la tablette pour l'ensemble de l'échantillon.

Tableau 10. Corrélations entre temps d'exposition à la tablette et épreuves du pré-test pour l'ensemble de l'échantillon.

Épreuve	ddl	r	p
WNV (QI)	99	-.203	= .042*
Comparaison symbolique de chiffres	99	-.244	= .014*
Comptage libre	99	-.202	= .043*
Comptage à partir de	99	-.211	= .034*
Dénombrement	99	-.229	= .021*

Ainsi ces résultats mettent en évidence un lien entre temps d'utilisation d'une tablette et performances obtenues aux six épreuves présentées dans le tableau 10. En effet la performance chute lorsque le temps d'utilisation de cet outil numérique augmente. Des corrélations marginales apparaissent aussi entre temps d'exposition et réussite aux épreuves de **lecture à voix haute de chiffres** ($r = -.186$; $p = .063$) et de **placement de nombres sur une ligne numérique** ($r = -.177$; $p = .081$).

Trois épreuves de comptage sur les quatre du pré-test (cf. tableau 4) semblent être moins bien réussies par les enfants consacrant un temps important à la tablette. Le QI semble aussi diminuer lorsque le temps d'utilisation de la tablette augmente. Nous avons vu précédemment dans le tableau 6 que le QI était corrélé positivement à la réussite aux épreuves du pré-test, aussi il semble qu'une baisse du QI puisse entraîner de nombreuses conséquences néfastes sur les compétences mathématiques.

3.1.2 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves des enfants de MSM

Dans notre population de moyenne section de maternelle, les épreuves présentées dans le tableau 11 sont corrélées **négalement** au temps d'utilisation de la tablette.

Tableau 11. Corrélations entre temps d'exposition à la tablette et épreuves du pré-test pour les enfants de MSM.

Épreuve	ddl	r	p
Comptage libre	32	-.529	= .002**
Lecture à voix haute	32	-.389	= .023*
Lecture à voix haute de nombres	32	-.353-	= .041*

Ainsi, les résultats des enfants de MSM aux épreuves de comptage libre et de lecture à voix haute, notamment de nombres, semblent chuter lorsque le temps d'exposition à la tablette augmente (cf. tableau 11). Des corrélations marginales apparaissent aussi entre temps d'exposition et réussite aux épreuves de **lecture à voix haute de chiffres** ($r = -.306 ; p = .078$) et de **placement de nombres sur une ligne numérique** ($r = -.298 ; p = .098$).

3.1.3 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves des enfants de GSM

Dans notre population de grande section de maternelle, les épreuves présentées dans le tableau 12 sont corrélées **négalement** au temps d'utilisation de la tablette.

Tableau 12. Corrélations entre temps d'exposition à la tablette et épreuves du pré-test pour les enfants de GSM.

Épreuve	<i>ddl</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Comparaison symbolique de chiffres	65	-.339	= .005**
Additions digitales	65	- .280	= .022*

Ainsi, les enfants de GSM consacrant le plus de temps à la tablette semblent montrer des résultats globalement plus faibles aux épreuves de comparaison symbolique de chiffres et d'additions digitales (cf. tableau 12). Des corrélations marginales apparaissent aussi entre temps d'exposition et réussite aux épreuves de **comptage à partir d'une borne** ($r = -.229 ; p = .063$) et de **dénombrement** ($r = -.216 ; p = .079$).

Cela dit, nous avons montré dans la première partie des résultats que le QI avait un impact sur les épreuves mathématiques. Nous allons donc reproduire les analyses en contrôlant son influence, ainsi nous pourrions comparer les résultats.

3.2 Contrôle pour la variable QI et impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves du pré-test

Nous avons choisi d'examiner dans un second temps des corrélations partielles entre temps d'exposition à la tablette et épreuves du pré-test en contrôlant l'impact du QI sur les performances aux épreuves numériques. En effet, puisque le raisonnement non verbal, mesuré par le biais de la WNV, entre en jeu dans la plupart des tâches et que le temps consacré à la tablette influence le QI, nous avons fait le choix de neutraliser cette variable afin d'obtenir les résultats les plus précis possible.

3.2.1 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves de l'ensemble de l'échantillon (QI contrôlé)

Sur le plan statistique nous observons des corrélations partielles **négatives** entre le temps passé sur tablette et les épreuves rapportées dans le tableau 13.

Tableau 13. Corrélations partielles entre temps d'exposition à la tablette et épreuves du pré-test pour l'ensemble de l'échantillon

Épreuve	<i>ddl</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Comparaison symbolique de chiffres	86	-.216	= .043*
Comptage à partir de	86	-.226	= .035*

Ainsi, comme le montre le tableau 13, les enfants qui passent le plus de temps sur une tablette semblent obtenir des résultats globalement plus faibles aux épreuves de comparaison symbolique de chiffres et de comptage à partir de.

Nous notons aussi une corrélation marginale entre le temps consacré à une tablette par les enfants et leurs résultats à l'épreuve des **additions digitales** ($r = -.199$; $p = .063$).

3.2.2 Impact du temps d'exposition à la tablette sur les résultats aux épreuves en séparant les niveaux MSM et GSM (QI contrôlé)

Aucune corrélation n'a été trouvée entre temps d'exposition à une tablette tactile et performances aux épreuves du pré-test chez les **MSM** lorsque le QI est contrôlé.

Néanmoins, chez les **GSM** nous relevons la présence de deux corrélations partielles **négatives** entre temps d'exposition à une tablette et réussite aux épreuves présentées dans le tableau 14.

Tableau 14. Corrélations partielles entre temps d'exposition à la tablette et performances aux épreuves du pré-test pour les enfants de GSM

Épreuve	<i>ddl</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Comparaison symbolique de chiffres	59	-.256	= .047°
Additions digitales	59	-.308	= .016*

Nous notons aussi une corrélation marginale entre le temps consacré à une tablette par les enfants de GSM et leurs résultats à l'épreuve de **comptage à partir d'une borne** ($r = -.216$; $p = .094$).

4. Discussion intermédiaire

Concernant les épreuves du pré-test, les enfants de MSM présentent globalement des résultats inférieurs à ceux des enfants de GSM. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les enfants de MSM sont plus jeunes et ont donc moins de connaissances que ceux du niveau scolaire supérieur. Le tableau 15 fait la synthèse des épreuves corrélées **négalement** au temps passé sur tablette. Les corrélations sont présentées en fonction du niveau scolaire des enfants et du contrôle ou non du QI.

Tableau 15. Synthèse des épreuves corrélées négativement au temps d'exposition à la tablette.

Classe	Variable QI non contrôlée	Variable QI contrôlée
MSM	<ul style="list-style-type: none"> • Comptage libre • Lecture à voix haute (total) • Lecture à voix haute de nombres • <i>Lecture à voix haute de chiffres⁶</i> • <i>Placement de nombres sur une ligne numérique</i> 	
GSM	<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison symbolique de chiffres • Additions digitales • <i>Dénombrement</i> • <i>Comptage à partir de</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison symbolique de chiffres • Additions digitales • <i>Comptage à partir de</i>
Échantillon total	<ul style="list-style-type: none"> • WNV (QI) • Comptage libre • <i>Lecture à voix haute de chiffres</i> • <i>Placement de nombres sur une ligne numérique</i> • Comparaison symbolique de chiffres • Additions digitales • Dénombrement • Comptage à partir de 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison symbolique de chiffres • <i>Additions digitales</i> • Comptage à partir de

L'exposition aux écrans semble avoir une influence négative sur de nombreuses épreuves mais elle paraît d'autant plus importante sur les épreuves d'additions digitales, de comparaison symbolique de chiffres et de comptage à partir d'une borne (cf. tableau 15). En effet, même lorsque le QI n'impacte pas directement la réussite à ces épreuves, la seule surexposition à la tablette semble suffire à réduire les performances des enfants.

Rappelons qu'aucune épreuve n'est corrélée positivement au temps passé sur une tablette.

⁶ Les épreuves notées en italique sont les épreuves dont la corrélation avec le temps d'exposition à la tablette est marginale.

Discussion

Les résultats et habitudes d'utilisation de tablettes des enfants de l'échantillon seront analysés et commentés dans cette partie. Les limites méthodologiques seront également discutées.

1. Habitudes d'utilisation de la tablette tactile chez les enfants de MSM et de GSM

Nous relevons d'abord que 45% des enfants de la présente étude sont exposés à la tablette au moins une heure à chaque utilisation. L'OMS préconise pourtant de ne pas dépasser une heure d'exposition quotidienne tous écrans confondus, ici ce délai est déjà dépassé avec la seule tablette et après une seule utilisation. Nous observons ensuite que plus de la moitié des enfants de notre étude (56%) possèdent leur propre tablette bien que l'Académie des sciences déconseille la possession d'une tablette tactile personnelle avant l'âge de 6 ans depuis 2013.

Nos analyses ont également permis de constater des disparités dans les habitudes de jeu sur tablette des enfants de MSM et de GSM. Par rapport aux enfants de MSM, on constate que les enfants de GSM :

- Ont tendance à utiliser la tablette plus longtemps et plus fréquemment, bien que cette différence ne soit pas significative.
- Possèdent une tablette personnelle en plus grande proportion (58% en GSM et 48% en MSM).

Les enfants possédant leur propre tablette ont d'ailleurs tendance à l'utiliser plus longtemps que ceux jouant sur la tablette familiale.

Les enfants utilisant la tablette le plus souvent sont aussi ceux qui y jouent le plus longtemps à chaque utilisation.

En définitive, l'exposition à la tablette semblant augmenter avec le niveau scolaire, nous supposons que plus les enfants grandissent, moins les recommandations sanitaires vis-à-vis des écrans sont prises en compte par leurs parents.

2. Influence du temps d'exposition à la tablette sur le QI

Plus un enfant passe de temps sur une tablette, plus son QI semble diminuer. Notons qu'un grand échantillon d'enfants semble être nécessaire pour qu'un lien entre QI et exposition à la tablette apparaisse, en effet l'impact négatif n'est présent qu'en regroupant les résultats des 101 enfants. Rappelons que seul le raisonnement non-verbal a été mesuré dans cette étude via les matrices de la WNV. Toutefois, bien que certains aspects du QI ne soient pas mesurés ici, les résultats obtenus s'orientent dans la même direction que ceux de l'étude de Walsh et al. (2018) déclarant qu'on observe une diminution du QI (global) après deux heures d'exposition quotidienne aux écrans. L'augmentation du temps consacré à la tablette semble donc entraîner une diminution du QI des

enfants de notre étude. En accord avec la littérature scientifique, nous émettons plusieurs hypothèses expliquant ce phénomène. D'abord, le temps passé sur un écran par un enfant n'est pas consacré aux interactions familiales pourtant nécessaires à son développement. De surcroît, même si certaines interactions parents-enfant ont lieu devant l'écran, celles-ci sont bien moins enrichissantes pour l'enfant que si elles avaient lieu en l'absence d'écran (SCP, 2017). Ensuite, notre questionnaire ne permet pas de savoir à quel moment de la journée la tablette est utilisée par les enfants. Si certains y ont accès le soir, cela peut perturber leur sommeil (Zimmermann, 2018) et nous savons qu'une perturbation du sommeil entraîne une diminution du potentiel cognitif à long terme (Dutil et al., 2018). Enfin, dans sa revue de littérature parue en 2019, Desmurget déclare qu'une exposition de 10 à 30 minutes par jour peut suffire à altérer significativement les fonctions intellectuelles d'un enfant de moins de 6 ans. Cette tranche d'âge correspond bien aux enfants de maternelle.

Il nous est néanmoins impossible de déterminer si les enfants dont le QI est faible sont naturellement plus attirés par la tablette et y consacrent donc plus de temps ou si leur niveau de QI est la conséquence de l'exposition à cet outil numérique. Afin de répondre à cette problématique, on pourrait envisager une étude longitudinale permettant d'observer les effets de la tablette sur le QI des enfants sur le long terme.

3. Influence du temps d'exposition à la tablette sur les compétences numériques précoces

Notre échantillon total se compose de 34 enfants de MSM et de 67 enfants de GSM, on peut imaginer qu'un échantillon plus important et plus équilibré aurait pu apporter une meilleure représentativité, nous allons cependant tenter d'interpréter les résultats obtenus dans notre échantillon afin de dégager une tendance générale.

Nous remarquons d'abord que plus les enfants consacrent de temps à la tablette plus leurs résultats ont tendance à chuter à certaines épreuves du pré-test, quelle que soit leur classe. Ensuite, puisque les enfants de MSM et de GSM ne sont pas au même stade de leur apprentissage, le temps passé sur tablette n'influence pas leurs performances de manière identique. Certaines épreuves créent un effet dit « plafond⁷ » chez les GSM, ce qui explique que le temps passé sur tablette impacte les résultats des MSM mais pas des GSM pour ces épreuves. À l'inverse, d'autres épreuves créent un effet dit « plancher⁸ » chez les MSM, le temps consacré à la tablette a alors un impact sur les résultats des enfants de GSM uniquement. Seule l'épreuve de lecture à voix haute de nombres nous laisse sans interprétation possible, en effet la faible moyenne obtenue par les enfants de GSM à cette épreuve ne permet pas d'expliquer par un effet plafond que le temps d'exposition à la tablette impacte seulement les enfants de MSM.

Les compétences de comptage semblent être particulièrement impactées par le temps consacré à la tablette tactile. En effet, trois épreuves de comptage parmi les quatre proposées dans le pré-test sont moins bien réussies par les enfants passant un temps important sur tablette. Fuson a exposé les

⁷ Lorsqu'une tâche est trop facile pour un groupe, la totalité de ce groupe obtient d'excellents résultats et la comparaison entre les individus n'est plus possible.

⁸ Lorsqu'une tâche est trop difficile pour un groupe, la totalité de ce groupe obtient des résultats insuffisants et la comparaison entre les individus n'est plus possible

cinq étapes d'acquisition de la chaîne numérique verbale en 1982 et ses travaux permettent d'éclairer les résultats obtenus ici. En effet, le comptage libre est possible lorsque la deuxième étape est acquise par l'enfant, en général vers quatre ans. Les enfants de MSM fortement exposés à la tablette sont en difficulté pour réaliser cette tâche, ceux de GSM ont déjà acquis cette étape dite de la « chaîne non sécable » alors un effet plafond apparaît. Ensuite, le comptage à partir d'une borne représente la troisième étape, quant au dénombrement il n'est possible qu'après acquisition de la quatrième étape, respectivement vers six et sept ans. Nous émettons alors l'hypothèse suivante : Le nombre d'échecs liés à la difficulté de cette épreuve est important pour les deux niveaux scolaires, a fortiori en MSM, cela dit les enfants passant un temps important sur tablette sont ceux qui échouent le plus à ces épreuves. Enfin, le comptage arrière n'est possible que si l'enfant a acquis la dernière étape de la chaîne numérique, c'est-à-dire entre sept et huit ans. Cette épreuve paraît trop difficile pour les enfants de maternelle alors un effet « plancher » apparaît et aucune corrélation n'est visible.

L'exposition à la tablette semble donc avoir un effet néfaste sur les compétences de comptage lorsque les épreuves proposées sont en accord avec les possibilités liées à l'âge de l'enfant.

En nous intéressant ensuite plus spécifiquement aux performances des enfants de MSM, nous constatons que le temps passé sur tablette impacte négativement les tâches de lecture à voix haute. Or, cette tâche permet de vérifier la bonne connaissance des nombres et met en jeu les capacités de transcodage de l'enfant. Le transcodage présenté dans le Modèle du Triple Code est d'ailleurs essentiel au développement des compétences numériques de l'enfant (Dehaene, 1992). La difficulté à lire un nombre à voix haute traduit un déficit de connaissance des nombres qui semble être prédictive de la réussite scolaire en mathématiques (Chard et al., 2005). Le placement correct d'un nombre sur une ligne numérique semble également être difficile pour les enfants de MSM consacrant beaucoup de temps à la tablette (corrélation marginale). Pourtant, une représentation précise de la ligne numérique serait elle aussi prédictive des aptitudes arithmétiques futures (Booth & Siegler, 2008).

Nous remarquons que les épreuves impactées par le temps passé sur tablette en MSM ne le sont plus en GSM. Nous pouvons supposer que les performances des enfants en comptage libre et en lecture à voix haute s'améliorent avec le temps et les apprentissages scolaires. Néanmoins, la surexposition à la tablette entraîne d'autres déficits en GSM. En effet, les enfants de GSM fortement exposés à une tablette à chaque utilisation semblent voir leurs résultats diminuer particulièrement aux épreuves de comparaison symbolique de chiffres et d'additions digitales⁹. Rappelons alors que la grande section de maternelle est la dernière année du cycle d'école maternelle et que les compétences numériques des enfants pendant le cycle d'école maternelle permettraient de prédire le niveau de compétences qu'ils atteindraient au cours de leurs trois premières années de cycle primaire (Jordan et al., 2009).

D'autres hypothèses explicatives plus générales peuvent compléter celles qui ont été présentées précédemment. Par exemple, nous savons que l'attention est étroitement liée aux apprentissages scolaires (voir pour revue Desmurget, 2019). Il semble toutefois que l'exposition trop précoce à des écrans dits « passifs » tels que la télévision ait un impact délétère sur les capacités attentionnelles

⁹ D'après les moyennes des enfants, la comparaison symbolique de nombres et les additions symboliques semblent quant à elles entraîner un effet plancher en MSM et en GSM.

d'un enfant (Schmidt et al., 2008). La tablette tactile ne fait pas partie de cette catégorie, néanmoins son contenu « passif » semble être le plus exploité par les très jeunes utilisateurs (Rideout, 2011).

De plus, lorsqu'un enfant passe du temps devant un écran, en l'occurrence une tablette, il ne consacre pas ce temps à d'autres activités indispensables au bon développement de ses compétences mathématiques, telles que la réalisation de puzzles (Verdine et al., 2014) ou de jeux manipulables (Wolfgang et al., 2001). Dans la présente étude nous avons relevé que les enfants fortement exposés à la tablette présentaient des difficultés à réaliser correctement plusieurs épreuves, c'est le cas par exemple de celles évaluant la comparaison, le dénombrement, le comptage et la connaissance de la ligne numérique. Il s'avère justement que ces quatre compétences peuvent être améliorées chez un enfant jouant à un jeu nécessitant un plateau (Ramani & Siegler, 2008). Le temps consacré à la tablette par les enfants semble diminuer leurs facultés mathématiques ; aussi, s'ils consacraient ce temps à d'autres activités, ils ne limiteraient pas seulement leurs déficits, ils progresseraient.

En résumé, nous relevons que plus une tablette tactile est utilisée longtemps, plus les performances des enfants dans certains domaines mathématiques diminuent. D'après nos résultats, une forte exposition à la tablette n'améliore aucune compétence numérique précoce. Par ailleurs, il serait intéressant de reproduire cette étude avec un groupe contrôle n'ayant jamais accès à la tablette. Afin de limiter les effets « plancher » et « plafond » observés dans les épreuves du pré-test, il pourrait aussi être envisagé, lors de futurs travaux de recherche, de procéder à une vérification de la difficulté et de la pertinence des épreuves du pré-test pour chaque niveau scolaire.

4. Contrôle du biais d'interprétation par le QI

Lorsque nous neutralisons le biais d'interprétation par le QI dans nos analyses, nous constatons que les épreuves négativement corrélées au temps passé sur une tablette sont moins nombreuses. Nous observons par exemple qu'aucun enfant de MSM passant un temps important sur tablette ne semble voir ses résultats chuter lorsque le QI est contrôlé. Le QI semble donc être étroitement lié à la réussite aux épreuves proposées lors du pré-test. Ce constat semble être en accord avec les travaux de Geary en 2011 démontrant que les facultés intellectuelles semblent influencer le développement des compétences numériques chez l'enfant.

Puisque l'impact du QI semble particulièrement important sur la réussite aux épreuves des enfants de MSM, nous avons émis la supposition suivante : Les enfants de l'étude étant à l'école maternelle, donc jeunes, nous pensons que leurs habitudes de jeu sur tablette sont récentes, ils l'utilisent probablement depuis quelques mois seulement. Ceci pourrait expliquer que le QI ait plus d'impact sur les performances des enfants de maternelle que le temps passé sur tablette à ce stade de leur scolarité, notamment en MSM.

En outre, le modèle développemental du calcul (Kauffman et al., 2011) précise que de nombreux processus interviennent dans le développement des compétences numériques. Cela rend difficile de répondre à la question suivante : Quelle variable, du QI ou du temps passé sur tablette, a le plus d'impact sur les performances des enfants de maternelle ? Le niveau de QI ne semble pourtant pas pouvoir expliquer à lui seul les difficultés des enfants de GSM passant beaucoup de temps sur une tablette. Par exemple, même lorsque le QI est contrôlé et qu'il ne peut plus être une explication

des difficultés de ces enfants, les épreuves d'additions digitales et de comparaison symbolique de chiffres sont toujours impactées négativement par le temps d'exposition à la tablette. Il semblerait alors qu'en continuant d'utiliser la tablette en grandissant, un enfant perpétue la diminution de ses compétences numériques, même si son niveau de QI est satisfaisant.

5. Influence du temps d'exposition à la tablette sur le SNA et le SNE

Rappelons que dans le cadre de cette étude il a été décidé d'analyser deux tâches évaluant le SNA : les lignes numériques et la comparaison ; et quatre tâches évaluant le SNE : le comptage/dénombrement, la lecture de nombres à voix haute, la recherche de chiffres/nombres manquants et les additions.

Concernant les épreuves du SNA, le temps d'utilisation d'une tablette tactile semble avoir un effet néfaste sur les performances de placement d'un nombre sur une ligne numérique en MSM et sur la comparaison symbolique de chiffres en GSM.

Concernant les épreuves du SNE, trois d'entre elles sont moins bien réussies lorsque le temps consacré à une tablette augmente. D'après les moyennes des enfants, la recherche d'un chiffre ou d'un nombre manquant semble être trop difficile et entraîner un effet plancher ne permettant pas d'interprétation. En revanche, les épreuves de comptage libre et de lecture à voix haute semblent être plus difficiles à réaliser pour les enfants de MSM consacrant un temps important à une tablette. En GSM, les enfants utilisant le plus longtemps la tablette semblent être les moins performants dans la réalisation d'additions digitales.

D'après nos résultats, le SNA et le SNE semblent tous deux altérés par un temps important passé sur tablette. À notre connaissance, aucune étude scientifique ne permet à ce jour de conclure à un ordre chronologique d'acquisition de ces deux systèmes numériques lors du développement des compétences mathématiques de l'enfant. Nous savons néanmoins que, indépendamment du système numérique, les enfants présentant des difficultés en mathématiques dès la maternelle sont à risque de les conserver dans la suite de leur scolarité (Aubrey et al., 2006).

6. Le questionnaire

Le questionnaire parental est un support très utile pour recueillir des informations précises sur un échantillon important de personnes. Cet outil était donc adapté au recueil des informations concernant les habitudes de jeu des enfants à la maison. Quelques améliorations dans la formulation des items permettraient cependant d'obtenir des réponses plus précises des familles et ainsi de meilleures interprétations (cf. Annexe A1). Océane Vasseur en 2019 a conçu un nouveau questionnaire (cf. Annexe A3) dans cette optique, il serait intéressant de reproduire l'étude avec ce nouvel outil.

En effet, les questions « À quelle fréquence votre enfant joue-t-il avec une tablette tactile ? » et « Combien de temps estimez-vous que votre enfant passe sur une tablette tactile ? » ne concernent que les enfants jouant avec une tablette. Les enfants n'ayant jamais accès à cet outil ne sont donc pas

comparés à ceux y consacrant du temps. Pourtant, le premier item du questionnaire demande aux parents de numéroter les activités pratiquées par leurs enfants par ordre de fréquence. Le chiffre « 6 » correspond à la réponse « jamais », cette question semble donc permettre de déceler les enfants ne jouant jamais avec une tablette. La consigne de numérotation semble toutefois avoir été mal comprise par les parents puisque nombre d'entre eux ont noté « 6 » à l'activité « tablette numérique », indiquant donc que leurs enfants n'utilisaient jamais la tablette, mais ont également déclaré dans les items suivants que leurs enfants y jouaient à une certaine fréquence et pendant un certain temps. Les trop nombreuses réponses contradictoires à cette question ne permettaient pas d'en faire une analyse.

De même l'item concernant le type de jeu effectué par les enfants interroge sur les jeux appréciés des enfants, il serait intéressant de demander aux familles de les classer plutôt par ordre de préférence. Nous ne nous sommes donc pas précisément intéressées au type de jeux effectués par les enfants dans le présent mémoire. En revanche, celui d'Océane Vasseur en 2019 semble montrer que les résultats des enfants aux épreuves du pré-test chutent même lorsqu'ils utilisent des jeux éducatifs sur tablette. Ceci nous interpelle puisque ces jeux sont vendus comme permettant de faire progresser les enfants, aussi nous avons voulu savoir combien d'enfants de notre échantillon avaient accès à ce type de jeu. Nous avons ainsi constaté que sur les 101 enfants sélectionnés ici, 72 d'entre eux utilisent des jeux éducatifs bien qu'aucun n'ait vu ses performances s'améliorer grâce à la tablette. Une étude axée plus spécifiquement sur les effets du type de jeu effectué sur tablette pourrait compléter ces observations.

Les réponses possibles concernant le temps passé sur une tablette par utilisation pourraient également être améliorées. D'une part, les études scientifiques s'intéressent généralement davantage au temps quotidiennement consacré à la tablette et non au temps par session d'utilisation. Connaître le temps passé par les enfants sur une tablette à chaque utilisation a permis de comparer leurs performances aux épreuves du pré-test mais il pourrait être intéressant de tenir compte du temps consacré à cet outil numérique sur une journée entière. Le questionnaire modifié proposé par Océane Vasseur (2019) ne prend pas en compte cette notion de durée quotidienne, aussi il semble adéquat de l'ajouter avant une diffusion à grande échelle. D'autre part, les tranches horaires proposées dans les réponses paraissent larges. En effet « Moins d'une heure par utilisation » est la plus courte durée proposée alors qu'il semblerait que moins de 30 minutes quotidiennement allouées aux écrans suffisent à altérer certaines fonctions intellectuelles (voir pour revue, Desmurget, 2019).

Nous notons enfin que le questionnaire est axé sur un seul type d'écrans : la tablette tactile. Les habitudes de consommation d'autres écrans à la maison ne sont pas prises en compte, or il semblerait que les effets négatifs rapportés par la littérature scientifique concernent tous les écrans, quelles que soient leurs modalités.

Conclusion

Le projet Kids e-stim a été créé dans le but de comparer les bénéfices apportés par différents supports d'apprentissages dont le support numérique. Nous nous sommes alors intéressées à la tablette tactile et à son impact sur le développement de l'enfant d'après la littérature scientifique. Il a semblé que ce sujet fasse débat dans la société et que des opinions contradictoires se juxtaposent, laissant ainsi parents et orthophonistes sans réponses. Ce constat nous a permis d'orienter plus

spécifiquement notre étude sur l'impact que peut avoir le temps passé sur une tablette sur les habiletés mathématiques en maternelle.

Pour ce faire, les habitudes d'utilisation de la tablette ont été recensées pour 101 enfants scolarisés en MSM et en GSM via un questionnaire parental. Ces enfants ont également réalisé des épreuves mathématiques au cours de la phase de pré-test de l'étude Kids e-stim. Ainsi, le temps consacré à la tablette a pu être mis en lien avec les performances aux épreuves du pré-test pour les 101 enfants. Nous avons ensuite fait le choix de réaliser les analyses en deux temps, toutes les données ont d'abord été prises en comptes puis nous avons neutralisé le biais d'interprétation par le QI afin d'obtenir les résultats les plus fiables possible.

Nous avons constaté que le quotient intellectuel (QI) semble chuter pour les enfants de notre échantillon qui passent un temps conséquent sur tablette. Cette information semble être en adéquation avec la revue de littérature de Desmurget en 2019 déclarant que 30 minutes quotidiennes devant un écran peuvent suffire à altérer certaines fonctions intellectuelles de manière significative.

Plusieurs enfants voient également leurs performances diminuer à diverses épreuves mathématiques s'ils consacrent un temps important à la tablette. Ces épreuves touchent le SNA et le SNE bien que le SNE semble être légèrement plus atteint chez les enfants de MSM. Rappelons que l'utilisation d'une tablette ne semble jamais améliorer les performances des enfants dans aucun domaine. L'impact semble être soit neutre soit négatif sur le développement des compétences mathématiques, or nous savons que les difficultés numériques rencontrées par les enfants dès la maternelle risquent de perdurer dans la suite de leur scolarité (Aubrey et al., 2006).

Pour une meilleure fiabilité des résultats, il pourrait être intéressant de reproduire cette recherche avec un échantillon d'enfants plus important et un nombre homogène de participants scolarisés en MSM et en GSM. Le questionnaire créé par Océane Vasseur (2019) pourrait être diffusé dans le cadre de ces nouveaux travaux afin de limiter les biais constatés à l'usage du présent questionnaire. Afin de connaître l'impact à plus long terme de l'utilisation de la tablette tactile, la création d'une étude similaire avec des enfants de cycle primaire semble complémentaire.

Pour finir, nos analyses nous ont appris que parmi les enfants ayant accès à la tablette, 45% y consacrent plus d'une heure à chaque utilisation et 56% possèdent leur propre tablette. Ces chiffres semblent être en contradiction avec les préconisations de l'OMS (2019) et de l'Académie des sciences (2013) rappelant respectivement qu'une heure devant un écran doit être un maximum et que la possession d'une tablette personnelle avant l'âge de six ans est fortement déconseillée. Des actions de prévention paraissent encore nécessaires à ce jour pour une meilleure application des recommandations sanitaires par les familles.

Bibliographie

- Antell, S. E., & Keating, D. P. (1983). Perception of Numerical Invariance in Neonates. *Child Development, 54*(3), 695.
- Aubrey, C., Dahl, S., & Godfrey, R. (2006). Early mathematics development and later achievement: Further evidence. *Mathematics Education Research Journal, 18*(1), 27–46.
- Blevins-Knabe, B. & Musun-Miller, L. (1996). Number use at home by children and their parents and its relationship to early mathematical performance. *Early Development Parenting, 5*(1), 35–45.
- Booth, J. L. & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual differences in pure numerical estimation. *Developmental psychology, 42*(1), 189-201.
- Booth, J. L. & Siegler, R. S. (2008). Numerical Magnitude Representations Influence Arithmetic Learning. *Child Development, 79*(4), 1016-1031.
- Chard, D. J., Clarke, B., Baker, S., Otterstedt, J., Braun, D. & Katz, R. (2005). Using measures of number sense to screen for difficulties in mathematics: Preliminary findings. *Assessment for Effective Intervention, 30*(2), 3-14.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition, 44*(1–2), 1–42.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L. & Wilson, A. J. (2004). Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology, 14*, 218–224.
- Desmurget, M. (2019). *La fabrique du crétin digital : Les dangers des écrans pour nos enfants*. Paris, France : Seuil.
- Dutil C., Walsh, J. J., Featherstone, R. B., Gunnell, K. E., Tremblay, M. S., Gruber, R., Weiss, S. K., Cote, K. A., Sampson, R., Chaput, J. P. (2018). Influence of sleep on developing brain functions and structures in children and adolescents: A systematic review. *Sleep Medicine Reviews*.
- Dworak, M., Schierl, T., Bruns, T. & Strüder, H. (2007). Impact of Singular Excessive Computer Game and Television Exposure on Sleep Patterns and Memory Performance of School-aged Children. *Pediatrics, 120*, 978-85.
- Fuson, K., Richards, J., & Briars, D. (1982). *Children's Logical and Mathematical Cognition*. Charles J. Brainerd.

- Galifret-Granjon, N. (1960). Batterie Piaget-Head : test d'orientation droite-gauche. In R. Zazzo (Ed.), *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant* (fasc. 1, pp. 24-56). Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47(6), 1539–1552.
- Gilmore, C.K., McCarthy, S.E. & Spelke, E.S. (2007). Symbolic arithmetic knowledge without instruction. *Nature*, 447(7144), 589–591.
- Huntsinger, C. S., Jose, P. E., Larson, S. L., Balsink Krieg, D. & Shaligram, C. (2000). Mathematics, vocabulary, and reading development in Chinese American and European American children over the primary school years. *Journal of Educational Psychology*, 92(4), 745–760.
- Izard, V., C. Sann, E. S. Spelke, & Streri, A. (2009). Newborn Infants Perceive Abstract Numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382-85.
- Jordan, N., Kaplan, D., Raminemi, C. & Locuniak, M. (2009). Early math matters : Kindergarten number compétece and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45, 850-867.
- Kabali, H. K., Irigoyen, M. M., Nunez-Davis, R., Budacki, J. G., Mohanty, S. H., Leister, K. P., & Bonner, R. L. (2015). Exposure and use of mobile media devices by young children. *Pediatrics*, 136.
- Kaufmann, L., Wood, G., Rubinsten, O., & Henik, A. (2011). Meta-Analyses of Developmental fMRI Studies Investigating Typical and Atypical Trajectories of Number Processing and Calculation. *Developmental Neuropsychology*, 36(6), 763-787.
- LeFevre, J., Clarke, T. & Stringer, A. P. (2002). Influences of language and parental involvement on the development of counting skills: comparisons of French- and English-speaking Canadian children. *Early Child Development and Care*, 172(3), 283–300.
- Mandler, G. & Shebo, B. J. (1982). Subitizing: an analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111(1), 1–22.
- Melhuish, E. C., Sylva, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., Taggart, B., Phan, M. B. et Malin, A. (2008). Preschool influences on mathematics achievement. *Science*, 321(5893), 1161–1162.
- OCDE (2015), *Students, Computers and Learning: Making the Connection*, PISA, Éditions OCDE, Paris.
- OMS (2019). Le message de l'OMS au jeune enfant : pour grandir en bonne santé, ne pas trop rester assis et jouer davantage. Repéré à <https://www.who.int/fr/news-room/detail/24-04-2019-to-grow-up-healthy-children-need-to-sit-less-and-play-more>
- Parsons, J. E., Alder, T. & Kaczala, C. M. (1982). Socialization of achievement attitudes and beliefs: parental influences. *Child Development*, 53, 310–321.
- Pica, P., Lemer, C., Izard, V. & Dehaene, S. (2004). Exact and Approximate Arithmetic in an Amazonian Indigene Group. *Science*, 306(5695), 499–503.

- Ramani, G. & Siegler, R. (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. & Siegler, R. (2009). Playing linear number board games – but not circular ones – improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology*, 101, 545-460.
- Ramani, G. & Siegler, R. (2011). Reducing the gap in numerical knowledge between low- and middle-income preschoolers. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 32(3), 146-159.
- Rideout, V. (2011). *Zero to eight: Children's media use in America*. San Francisco: CA: Common Sense Media. Repéré à <https://www.commonsensemedia.org/sites/default/files/research/zerotoeightfinal2011.pdf>
- Sauvé, L., Renaud, L. & Gauvin, M. (2007). Une analyse des écrits sur les impacts du jeu sur l'apprentissage. *Revue des sciences de l'éducation*, 33(1), 89-107.
- Schleifer, P. & Landerl, K. (2011). Subitizing and counting in typical and atypical development. *Developmental science*, 14(2), 280-291.
- Schmidt, M. E., Pempek, T. A., Kirkorian, H. L., Frankenfield Lund, A., Anderson D. R. (2008). The effects of background television on the toy play behavior of very young children. *Child Development*, 79(4), 1137-1151.
- SCP, (2017). Le temps d'écran et les jeunes enfants (document de principes). *Paediatr Child Health*, 22.
- Seron, X. & Fayol, M. (1994). Number transcoding in children: A functional analysis. *British Journal of Developmental Psychology*, 12(3), 281–300.
- Sheldon, S. B. & Epstein, J. L. (2005). Involvement counts: family and community partnerships and mathematics achievement. *The Journal of Educational Research*, 98(4), 196–207.
- Starkey, P. & Cooper, R. G. (1995). The development of subitizing in young children. *British Journal of Developmental Psychology*, 13, 399–420.
- Starkey, P., Klein, A. & Wakeley, A. (2004). Enhancing Young Children's Mathematical Knowledge through a Pre-Kindergarten Mathematics Intervention. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 99-120.
- Vasseur, O. (2019). *Habitudes de jeu (numérique) et compétences mathématiques*. [Mémoire d'orthophonie]. Université de Lille, Lille.
- Verdine, B., Golinkoff, R., Hirsh-Pasek, K. & Newcombe, N. (2014). Finding the missing piece: Blocks, puzzles, and shapes fuel school readiness. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1).
- Walsh, J. J., Barnes, J. D., Cameron, J. D., Chaput, J. P., Goldfield, G. S., Gunnell, K. E., Ledoux, A. A., Tremblay, M. S. & Zemek, R. L. (2018). Association between 24 hours movement

behaviours and global cognition in US sectional observational study. *Lancet Child Adolescent Health*, 2.

Wechsler, D., & Naglieri, J.A. (2009). *WNV : échelle non verbale d'intelligence : manuel*. Paris : EPCA.

Wilson, A. J., Revkin, S. K., Cohen, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2006). An open trial assessment of “the number race”, an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 2(1), 20.

Wolfgang, C., Stannard, L. & Jones, I. (2001) Block Play Performance among Preschoolers as a Predictor of Later School Achievement in Mathematics. *Journal of Research in Childhood Education*, 15, 173-181.

Zimmerman, F.J., Christakis, D.A. & Meltzoff, A.N. (2007). Associations between media viewing and language development in children under age 2 years. *The Journal of Pediatrics*, 151, 364-368.

Zimmerman FJ. (2008). *Children’s media use and sleep problems: issues and unanswered questions*. University of Washington : The Kaiser Family Foundation. Repéré à <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED527857.pdf>

Liste des annexes

Annexe n°1 : Questionnaire parental utilisé dans l'étude

Annexe n°2 : Protocole du pré-test

Annexe n°3 : Questionnaire parental modifié (Vasseur, 2019)