

# MEMOIRE

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

**Lisa MORLET**

qui sera présenté au jury en juin 2020

**Etude du lien entre exposition à la tablette  
électronique et capacités mathématiques chez des  
enfants de maternelle**

MEMOIRE dirigé par

**Sandrine MEJIAS,**

Maître de conférence, Faculté de Médecine Henri Warembourg, Université de Lille

---



---

## Remerciements

Je tiens à remercier particulièrement Mme Sandrine Mejias, ma directrice de mémoire, pour son investissement dans la supervision de ce mémoire, sa disponibilité, ses conseils et ses commentaires encourageants. Sa bienveillance m'a permis de rédiger ce mémoire avec plus de sérénité.

Je suis reconnaissante envers les mémorantes 2018 et 2019 qui ont participé au projet Kids e-Stim et qui ont récolté les données nécessaires à la rédaction de ce mémoire. Je remercie les enseignants, les directeurs d'école, les parents et les enfants, sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible. Merci également à Laura Pinède car notre entraide dans l'analyse des résultats de cette étude a été bienvenue.

Je remercie mes maîtres de stage pour la transmission de leurs savoirs et les progrès qu'elles m'ont permis de faire dans ma pratique.

J'adresse des remerciements plus personnels d'une part à mes parents et à ma grand-mère sans qui je n'aurais pas pu poursuivre ce cursus, et d'autre part à ma promotion 2015-2020 car l'entraide et la solidarité ont rendu ces cinq années d'étude d'autant plus agréables. Je remercie en particulier mes amies et futures collègues, Adèle, Camille, Émilie, Mathilde et Roxane pour leur soutien.

Merci enfin à Malik et à mes voisines et voisins de la courée Benjamin qui m'ont permis de rire et de décompresser lorsque je m'octroyais des pauses dans mon travail d'étudiante.

---

## **Résumé :**

Les écrans font désormais partie du quotidien d'enfants de plus en plus jeunes. Plusieurs études montrent des effets néfastes de l'exposition des enfants aux écrans, notamment sur leurs apprentissages. Peu d'études se sont intéressées spécifiquement aux effets de la tablette électronique et plus particulièrement au lien entre une exposition prolongée à ce support et les performances en mathématiques d'enfants d'âge pré-scolaire. Pourtant, les bases des compétences mathématiques futures sont acquises en maternelle et au CP. Ce mémoire s'est intéressé à cette problématique en menant une investigation auprès de 101 enfants de moyenne et grande section de maternelle.

A l'aide d'un questionnaire parental sur les habitudes d'utilisation de la tablette et d'épreuves testant des compétences mathématiques relevant des systèmes numériques approximatifs ou exacts, nous avons trouvé des résultats suggérant un impact négatif de l'exposition à la tablette sur plusieurs compétences mathématiques. Les capacités de comparaison de nombres arabes, d'estimation (placement d'un nombre sur une ligne numérique), de comptage, de dénombrement, de lecture à voix haute de nombres arabes et la réalisation d'additions sur images de doigts paraissent altérées. Par ailleurs, des compétences générales comme le QI et les aptitudes visuo-spatiales sont également impactées par une exposition importante à la tablette et pourraient alors jouer le rôle de variables médiatrices.

Une étude longitudinale permettrait d'évaluer cet impact à long terme. Les campagnes de prévention sur les écrans pourraient donc inclure ces nouvelles données. L'orthophoniste, qui rééduque des troubles de la cognition mathématique, a un rôle à jouer dans cette prévention.

## **Mots-clés :**

Cognition mathématique, tablette électronique, système numérique approximatif, système numérique exact, enfants de maternelles.

## **Abstract :**

Screens have become part of the daily life of increasingly young children. Several studies show harmful effects of children's exposure to screens, particularly on their learning. Few studies have looked specifically at the effects of the electronic tablet and more specifically at the link between prolonged exposure to this medium and the mathematical performance of pre-school children. However, the foundations of future mathematical skills are acquired in kindergarten and first grade. This dissertation investigated this problem by conducting an investigation with 101 children in the middle and large kindergarten sections.

Using a parental questionnaire on tablet usage patterns and tests of mathematical skills in approximate and exact number systems, we found results suggesting a negative impact of tablet exposure on several mathematical skills. The ability to compare Arabic numbers, estimate (placing a number on a numeric line), count, enumerate, read aloud Arabic numbers, and perform addition on finger images appear to be impaired. In addition, general skills such as IQ and visuo-spatial abilities are also impacted by high exposure to the tablet and could then play the role of mediating variables.

---

A longitudinal study would make it possible to evaluate this impact over the long term. Prevention campaigns on the screens could therefore include these new data. The speech-language pathologist, who re-educates disorders of mathematical cognition, has a role to play in this prevention.

**Keywords :**

Numerical cognition, tablet computer, approximate numerical system, exact numerical system, kindergarten children.

---

# Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Contexte théorique, buts et hypothèses.....</b>	<b>2</b>
1. Le développement des habiletés numériques chez l'enfant.....	2
1.1. Les systèmes de représentations des nombres : Modèle du triple code.....	2
1.2. Le développement des habiletés numériques chez l'enfant : une part d'inné et d'acquis.....	3
1.2.1. Une intuition des nombres dès le plus jeune âge.....	3
1.2.2. De l'acquisition du code symbolique vers l'acquisition de compétences plus complexes : nécessité d'un apprentissage.....	3
2. Les facteurs influençant l'acquisition des compétences mathématiques.....	4
2.1. Système numérique approximatif et système numérique exact.....	4
2.1.1. Le SNA et le SNE en tant que prédicteurs des capacités mathématiques.....	5
2.1.2. Le SNA et le SNE : deux systèmes imbriqués d'importance égale.....	6
2.1.3. Les capacités de traitement du nombre à la base des compétences mathématiques.....	6
2.2. L'influence de l'environnement familial : effets de la stimulation des nombres au sein du foyer.....	7
3. L'impact des écrans numériques sur les apprentissages.....	8
3.1. Les habitudes familiales des enfants d'âge pré-scolaires liées aux écrans.....	8
3.2. Les effets néfastes des écrans numériques.....	9
3.3. Les effets des écrans sur les apprentissages.....	10
3.3.1. Données générales sur les effets des écrans sur les apprentissages.....	10
3.3.2. Effets des écrans sur l'apprentissage des mathématiques.....	11
4. Hypothèses et buts.....	11
<b>Méthode.....</b>	<b>11</b>
1. Population.....	12
2. Matériel et procédure.....	12
2.1. Questionnaires.....	13
2.2. Pré-tests.....	13
2.3. Analyse statistique.....	14
<b>Résultats.....</b>	<b>14</b>
1. Durée d'exposition à la tablette.....	14
1.1. Analyse descriptive des réponses.....	14
1.2. La durée d'exposition à la tablette en fonction des caractéristiques de notre population.....	15
2. Résultats aux épreuves de test.....	15
2.1. Différence des résultats obtenus en fonction du sexe.....	17
2.2. Différence des résultats obtenus en regard de la classe (MSM versus GSM).....	18
3. Etude de corrélation entre la durée d'exposition à la tablette et les résultats aux épreuves.....	19
3.1. Lien entre durée d'exposition à la tablette et résultats aux épreuves mathématiques pour la population totale.....	19
3.2. Lien entre durée d'exposition à la tablette et résultats aux épreuves mathématiques en fonction de la classe.....	20
<b>Discussion.....</b>	<b>21</b>
1. Impact de l'exposition à la tablette digitale sur les compétences mathématiques.....	21
1.1. Des capacités mettant en jeu le SNA et le SNE altérées par l'exposition à l'écran de tablette.....	21
1.2. Hypothèses explicatives concernant la disparité des résultats retrouvés entre GSM et MSM.....	21

---

1.3. Des compétences générales comme variables médiatrices.....	22
2. Effet délétère des écrans de tablette sur les compétences mathématiques : proposition d'explications et apports de ce mémoire sur le sujet.....	23
2.1. Confirmation des données issues de la littérature relatives à l'effet des écrans sur les apprentissages et spécificités de l'étude.....	23
2.2. Implications dans le domaine orthophonique.....	24
3. Limites de l'étude et pistes pour la suite de la recherche.....	25
3.1. Limites relatives au matériel.....	25
3.1.1. Biais liés au questionnaire.....	25
3.1.2. Biais liés aux épreuves proposées.....	25
3.2. Limites relatives à la population d'étude.....	26
3.3. Pistes de futures recherches.....	26
<b>Conclusion.....</b>	<b>27</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>28</b>

# Introduction

Dans de nombreuses salles d'attente de cabinets d'orthophonie, nous pouvons observer des affiches de prévention alertant des dangers des écrans pour les enfants. La campagne 3-6-9-12 proposée par l'association éponyme fournit par exemple des recommandations d'utilisation selon les âges. Avant six ans, elle recommande notamment de limiter la durée d'exposition, d'en faire une utilisation occasionnelle et elle proscrit la possession d'un outil numérique personnel.

En effet, de nombreux impacts négatifs de l'exposition aux écrans ont été mis en avant dans la littérature notamment sur le sommeil, l'attention, le comportement ou la réussite scolaire. Les conséquences sur la réussite scolaire seraient en grande partie liées au temps consacré aux outils numériques, alors perdu pour réaliser des activités bien plus nécessaires au développement de l'enfant. Or, de 0 à 6 ans, les enfants sont dans une période sensible d'apprentissage à plusieurs niveaux (moteur, psychique, cognitif, etc). Le cerveau de l'enfant se développe en fonction des expériences diverses qu'ils effectuent avec leurs cinq sens (pour une revue, voir Desmurget, 2019). Par exemple, les stimulations précoces que les parents proposent à la maison autour du nombre ont un impact positif sur les performances futures des enfants en mathématiques (Anders et al., 2012 ; Benavides-Varela et al., 2016 ; Lefevre et al., 2009), et particulièrement les jeux de plateau linéaires (Ramani & Siegler, 2008, 2009). Au-delà de la période sensible, il semble difficile de rattraper les lacunes accumulées par manque de stimulations. Or, entre 2 et 8 ans, les enfants passent en moyenne l'équivalent de 7 années scolaires entières exposés à des écrans dits récréatifs (pour une revue, voir Desmurget, 2019).

Plusieurs données sont disponibles sur les enfants concernant l'impact des outils numériques sur les apprentissages ou sur le domaine sanitaire. En revanche, peu d'études ont analysé leur influence sur le développement des compétences en mathématiques et peu se sont intéressées à la tablette électronique. Cela nous a donc amené à étudier l'impact des habitudes d'exposition aux tablettes sur les compétences en mathématiques d'enfants de maternelle.

De plus, dans la littérature, il existe un consensus stipulant que les capacités précoces des enfants liées aux nombres sont prédictives des performances académiques futures des enfants en mathématiques (Izard, Sann, Spelke, & Streri, 2009 ; Starkey & Cooper, 1980 ; Wynn, 1992b ; Xu & Spelke, 2000). Cependant, le type d'habiletés précoces qui serait prédicteur fait l'objet d'hypothèses différentes : capacité à traiter/comparer des éléments non symboliques de manière approximative (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004 ; Starr, Libertus, & Brannon, 2013) ; capacités à traiter des nombres exacts (Reynvoet & Sasanguie, 2016) ou lien entre les symboles mathématiques (nombres arabes, noms des nombres) et la quantité qu'ils représentent (Sasanguie, De Smedt, Defever, & Reynvoet, 2012). Il apparaît donc important de s'intéresser à l'impact des outils numériques sur ces différentes capacités.

Ainsi, l'état de la littérature nous amène d'une part à nous interroger sur l'impact que peut avoir l'exposition de jeunes enfants à la tablette électronique sur leurs compétences en mathématiques. D'autre part, ce mémoire a pour objectif de préciser le(s) type(s) de compétence(s) mathématiques qui pourrai(en)t être influencé(s).

Premièrement, nous évoquerons comment se développent les habiletés liées au nombre chez l'enfant, puis nous nous intéresserons aux facteurs pouvant avoir une influence sur ce développement, et enfin nous ferons un état des lieux de la littérature sur l'impact des écrans sur les apprentissages et notamment sur celui des mathématiques.

# Contexte théorique, buts et hypothèses

Avant de déterminer si les écrans peuvent avoir une influence sur les compétences en mathématiques, il est nécessaire d'évoquer comment se développent les habiletés de l'enfant liées au traitement du nombre.

Notons que le terme « numérique » est utilisé dans les parties 1. et 2. comme adjectif de « nombre » alors que dans la partie 3., « numérique » se réfère aux systèmes utilisant le procédé technologique de numérisation de l'information.

## 1. Le développement des habiletés numériques chez l'enfant

L'évolution des capacités numériques chez l'enfant est complexe. Sa compréhension est facilitée par l'apport de modèles théoriques expliquant le traitement cognitif des données numériques.

### 1.1. Les systèmes de représentations des nombres : Modèle du triple code

Dans la littérature, les représentations symboliques de la quantité sont décrites comme des systèmes de code arbitraire qui ne permettent pas de visualiser la quantité : les nombres arabes (ex. 12), les nombres verbaux oraux et écrits (ex. douze). Les représentations non-symboliques, au contraire, permettent de visualiser la quantité qu'elles représentent (des croix ou des points par exemple).

Pour expliquer le traitement du nombre et des quantités, Stanislas Dehaene a proposé le modèle du triple code en s'appuyant sur des données neuro-anatomiques et neuropsychologiques (Dehaene, 1992 ; Dehaene & Cohen, 2000). Ce modèle fait consensus dans la littérature scientifique. Dehaene met en avant trois systèmes de représentation mentale des nombres : le code analogique des quantités numériques, le code linguistique (auditif verbal) et le code arabe écrit, comme l'illustre la Figure 1.

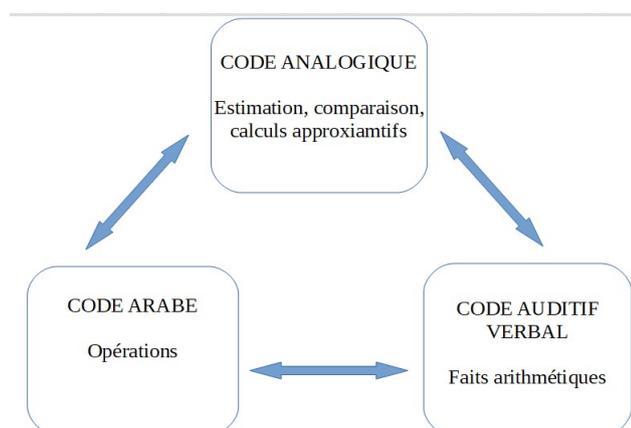


Figure 1 : Modèle du Triple Code (d'après Dehaene, 1992)

Le code analogique du modèle de Dehaene (1992) correspond à une représentation non-symbolique de l'information numérique (des points par exemple) de la quantité. Elle nous permet de comparer, d'estimer des ensembles et de faire des calculs approximatifs.

Au contraire, les deux autres codes correspondent à des formats symboliques. Le code auditif verbal fait appel au langage. Il regroupe tous les noms de nombres (ex. « douze » prononcé /duz/). Ce code permet le comptage et serait à la base de notre connaissance des faits arithmétiques (i.e., tables de multiplication et d'addition). Il permet un traitement linguistique du nombre. Le code arabe visuel regroupe tous les chiffres arabes. Le code auditif verbal et le code arabe sont donc appris par l'enfant en fonction de sa culture (Fayol & Thevenot, 2012 ; Thevenot & Fayol, 2018).

## **1.2. Le développement des habiletés numériques chez l'enfant : une part d'inné et d'acquis**

### **1.2.1. Une intuition des nombres dès le plus jeune âge**

Un consensus dans la littérature suggère qu'un enfant possède une intuition innée des nombres qui lui permet de les traiter, et ce bien avant l'apprentissage des codes symboliques. Très tôt, nous sommes capables de traiter des quantités analogiques : effectuer une comparaison numérique, faire des calculs approximatifs (Izard et al., 2009). Par exemple, des bébés seraient capables d'effectuer des opérations mentales simples avec des poupées (Wynn, 1992a) ou de percevoir et se représenter un petit nombre d'objets (Starkey & Cooper, 1980). Des auteurs ont aussi mis en évidence la capacité des bébés à discriminer deux ensembles en se basant uniquement sur le nombre d'items (Xu & Spelke, 2000) ou encore à associer des représentations visuelles et auditives en se basant sur le seul critère du nombre (Izard et al., 2009).

Très tôt, l'homme est alors en capacité de traiter des informations numériques. Avant d'entrer à l'école, nous développons déjà des capacités numériques. Cependant, certaines capacités devront être le fruit d'un apprentissage.

### **1.2.2. De l'acquisition du code symbolique vers l'acquisition de compétences plus complexes : nécessité d'un apprentissage**

Pour pouvoir manipuler les quantités représentées par des symboles, l'enfant doit apprendre les symboles utilisés dans sa culture : le code auditif verbal et le code visuel arabe (Fayol & Thevenot, 2012 ; Thevenot & Fayol, 2018). Ainsi il devra apprendre le nom des nombres verbaux oraux puis pourra les écrire. Il apprendra également les nombres arabes pour pouvoir réaliser des opérations et accéder à l'arithmétique et aux mathématiques formelles complexes.

Vers l'âge d'environ deux ans débute l'apprentissage de la chaîne verbale orale, l'enfant commence à connaître les premiers mots-nombres pour le comptage. Cela se poursuit jusqu'à sept ans en moyenne, âge où la syntaxe (i. e., l'agencement des chiffres selon la base dix) est alors maîtrisée (Fuson, Richard, & Briars, 1982). C'est cette maîtrise de la chaîne numérique qui permettra par la suite de dénombrer des quantités. Faire le lien entre les mots-nombres de la chaîne numérique et la valeur numérique qu'ils représentent (cardinalité) est un processus long et complexe pour les enfants (Van Nieuwenhoven, 1996), qui n'est pas encore totalement maîtrisé à la fin de l'école maternelle (Thevenot & Fayol, 2018). La façon dont ce lien s'effectue fait encore débat dans la littérature scientifique. Les enfants de quatre à cinq ans traiteraient les nombres de deux façons différentes selon qu'ils sont supérieurs ou inférieurs à quatre. Les petits nombres seraient reconnus facilement et dénommés alors que les grandes quantités seraient dénombrées par comptage. Les enfants comprendraient alors petit à petit

que plus les noms de nombres sont situés loin dans la chaîne verbale et plus ils réfèrent à des quantités importantes. Le concept d'ordinalité (i. e., savoir quel nombre vient avant ou après tel nombre) serait acquis après la cardinalité (Thevenot & Fayol, 2018). En fin de maternelle, les élèves commencent également à apprendre les chiffres arabes dont ils perfectionneront l'apprentissage en début d'école primaire. Ils y associeront également la valeur que les chiffres représentent, ce qui est utile pour le comptage. Selon une étude longitudinale sur des enfants de deux et trois ans, les enfants sauraient rapidement que chaque mot de la chaîne numérique correspond à une quantité différente. Ils apprendraient ensuite petit à petit quelle est cette quantité précise en comprenant le système de cardinalité (Wynn, 1992b). Certains auteurs supposent une association entre représentation symbolique et représentation non symbolique (Sasanguie et al., 2012). Plus tard, deux de ces mêmes auteurs postulent que l'enfant apprend pas à pas en associant un mot-nombre de la chaîne numérique à une quantité et que le mot nombre suivant représente une quantité égale à celle du précédent augmentée de un (Reynvoet & Sasanguie, 2016). Cette relation entre un nombre et le suivant est appelée relation du successeur et serait à la base à la fois du comptage et des concepts d'entiers (Carey, 2004).

A l'école primaire viendront ensuite les enseignements formels. Les enfants vont développer plusieurs stratégies pour trouver le résultat de la réunion de deux ensembles (ex. compter tous les éléments mis ensemble, s'aider des doigts, comptage mental) en tendant vers la stratégie la plus efficace et la moins coûteuse (Thevenot & Fayol, 2018). S'en suivra l'apprentissage des additions, le passage à la dizaine, les trois autres opérations, les problèmes, etc.

L'acquisition des compétences mathématiques est donc un long processus complexe qui part d'intuitions innées du nombre (socle) pour aller vers l'acquisition de savoirs complexes enseignés à l'école. Cependant, le développement de ces capacités fait l'objet de variations interindividuelles qui peuvent s'expliquer par l'influence de différents facteurs.

## **2. Les facteurs influençant l'acquisition des compétences mathématiques**

Plusieurs facteurs généraux influencent le développement des compétences mathématiques : la mémoire de travail, le niveau intellectuel, la vitesse de traitement et les compétences linguistiques (Aunola, Leskinen, Lerkkanen, & Nurmi, 2001 ; Cirino, Tolar, Fuschs, & Huston-Warren, 2016 ; Geary, 2011 ; Hornung, Schiltz, Brunner, & Martin, 2014 ; Krajewski & Schneider, 2009 ; Passolunghi & Lanfranchi, 2012). Plusieurs études ont également montré des corrélations entre les habiletés visuo-spatiales et le développement des habiletés arithmétiques (Delgado & Prieto, 2004 ; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009). Ces facteurs, à l'exception des compétences linguistiques, ont été pris en compte dans le protocole de ce mémoire.

L'environnement, ainsi que des facteurs spécifiques aux mathématiques (systèmes numériques approximatifs et exacts) ont également une influence sur ces acquisitions.

### **2.1. Système numérique approximatif et système numérique exact**

L'intuition numérique innée décrite ci-avant confère aux jeunes enfants des habiletés d'appréhension du nombre précoces. Elles seraient sous-tendues par deux systèmes de représentation des nombres, l'un pour traiter les grands nombres et les quantités

approximatives, l'autre pour traiter les petits nombres, les quantités exactes et les quantités continues (Feigenson et al., 2004). Le premier est appelé système numérique approximatif (SNA) et le second, système numérique exact (SNE).

Durant la dernière décennie, de nombreux auteurs ont étudié le lien entre SNA et compétences mathématiques formelles (appries à l'école) et suggèrent que ce SNA serait prédicteur des capacités futures en mathématiques (Feigenson et al., 2004 ; Starr et al., 2013). D'autres auteurs postulent que, plutôt que le SNA en lui-même, notre capacité à faire le lien entre le SNA et les codes symboliques (mots nombres et nombres arabes) serait prédictive de nos compétences futures en mathématiques (Sasanguie et al., 2012). Plus récemment, une hypothèse a été émise concernant le SNE, il pourrait être le socle pour le développement des capacités mathématiques (Reynvoet & Sasanguie, 2016).

### **2.1.1. Le SNA et le SNE en tant que prédicteurs des capacités mathématiques**

Plusieurs auteurs, pour évaluer le SNA, ont utilisé soit une tâche de comparaison d'éléments non symboliques, soit une tâche d'estimation sur ligne numérique (placer une quantité sur une ligne non graduée allant de 0 à 10, 100 ou 1000). Chez des enfants de 14 ans, les résultats à une tâche de comparaison étaient corrélés à des mesures rétrospectives de leurs résultats mathématiques à partir de 5 ans (Halberda, Mazocco, & Feigenson, 2008). En s'intéressant à des sujets dyscalculiques, ces mêmes auteurs ont également trouvé que le SNA serait prédictif des futures capacités mathématiques (Mazocco, Feigenson, & Halberda, 2011). Une étude longitudinale a montré que la vitesse de comparaison mesurée dans ce type de tâche auprès d'enfants en début de CP était liée à leurs résultats mathématiques en CE1 (De Smedt, Verschaffel, Guesquière, 2009). Le développement de la ligne numérique d'un enfant (d'une ligne logarithmique vers une ligne linéaire) serait lié à sa réussite en mathématiques à l'école primaire (Booth & Siegler, 2006 ; Schneider, Grabner, & Paetsch, 2009).

Pour Maertens, entraîner la capacité des enfants à comparer et à estimer des quantités non symboliques (deux capacités dépendantes du SNA) a un impact positif sur le développement de leurs compétences en arithmétique (Maertens, De Smedt, Sasanguie, Elen, & Reynvoet, 2016).

Pour Aunola *et al.* (2001), le niveau de comptage est lié au niveau de performances en mathématiques. De plus, la capacité de comptage à l'entrée en maternelle serait prédictive de la réussite scolaire future. Cela confirme, entre-autres, des études antérieures s'intéressant aux enfants ayant des troubles des apprentissages mathématiques : Les enfants dyscalculiques auraient des difficultés dans des tâches simples comme le comptage de jetons par exemple (Briars & Siegler, 1984 ; Geary, Bow-Thomas, & Yao, 1992).

Le Corre et Carey (2007) supposent que les enfants construisent en premier lieu des représentations exactes des nombres symboliques à partir du SNE pour les nombres inférieurs à quatre. Les enfants comprendraient d'abord la signification de « un » puis après quelques mois, celle de « deux » puis de « trois » puis de « quatre » (Carey, 2004). Au-delà de quatre, ils associeraient les mots de la séquence numérique de comptage aux grandeurs analogiques conférées par le SNA. C'est ainsi que les enfants apprendraient la valeur de ces symboles ou mots-nombres (Le Corre & Carey, 2007). Le SNE semble donc jouer un rôle dans l'acquisition du comptage.

### **2.1.2. Le SNA et le SNE : deux systèmes imbriqués d'importance égale**

Un entraînement des capacités sous-tendues par le SNA auprès d'enfants favoriserait le développement du SNE, de leur système symbolique (Hyde, Khanum, & Spelke, 2014) et de leurs compétences en arithmétique (Maertens et al., 2016). Cependant, cela est contredit par une autre étude comparant les effets des entraînements du SNA et du SNE auprès de 56 enfants avec des tâches sur tablettes. Les tâches consistaient en une comparaison de points (SNA) ou de nombres arabes (SNE) et une estimation de l'emplacement d'une quantité de points (SNA) ou de nombres arabes (SNE) sur une ligne. L'entraînement a montré des effets positifs dans chacun des domaines entraînés et les tâches faisant appel aux représentations symboliques (SNE) auraient permis d'améliorer les compétences dans les tâches impliquant le SNA. Mais l'inverse n'a pas été retrouvé (Honoré & Noël, 2016).

Les études qui ont mené des entraînements à la fois du SNA et du SNE auprès d'enfants ne permettent pas de conclure sur une éventuelle influence supérieure de l'un ou l'autre sur les capacités mathématiques futures. Räsänen et ses collègues ont, par exemple, retrouvé de légères améliorations des performances mathématiques pour les deux types d'entraînements (SNA et SNE). Ceux-ci ont été réalisés à l'aide de deux logiciels, Graphogame-Maths pour les représentations exactes et The Number Race pour les représentations approximatives (Räsänen, Salminen, Wilson, Aunio, & Dehaene, 2009). L'entraînement des représentations exactes et des représentations approximatives serait efficace mais uniquement pour le domaine entraîné, sans influence de l'un sur l'autre (Obersteiner, Reiss, & Ufer, 2013). Le jeu numérique « the number race » (logiciel) a été créé pour renforcer le sens du nombre chez des enfants dyscalculiques de 4-6 ans et les liens entre leurs différentes représentations numériques, notamment la relation entre numérosité symbolique et quantité correspondante (Wilson, Revkin, Cohen, & Dehaene, 2006). Bien que leur étude ait souffert d'un faible échantillon et d'un manque de groupe témoin, les résultats semblaient prometteurs avec un impact durable sur les connaissances numériques de base (tâches de subitizing et de comparaison symbolique principalement). Ces résultats ont été confirmés par l'étude de Stella et ses collaborateurs, qui ont réalisé le même type de protocole avec une version italienne du logiciel « The number race ». De meilleures performances aux tâches de calcul mental, de placement de nombres sur une ligne ont été également relevées chez les enfants ayant bénéficié de l'entraînement (Sella, Tressoldi, Lucangeli, & Zorzi, 2016).

### **2.1.3. Les capacités de traitement du nombre à la base des compétences mathématiques**

Comme nous venons de le voir, certains auteurs posent le SNA en tant que prédicteur des capacités mathématiques futures alors que d'autres font l'hypothèse qu'il s'agit du SNE. Dans la littérature scientifique, plusieurs auteurs n'ont pas fait cette scission mais considèrent certaines compétences numériques comme étant la base d'acquisitions futures. Des habiletés numériques de base seraient donc fortement impliquées dans l'acquisition des compétences mathématiques et dans leur développement (Sasanguie et al., 2012), et notamment le sens du nombre (Hornung et al., 2014 ; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009) ou la capacité à estimer des grandeurs (Ramani & Siegler, 2015). Pour Von Aster et Shalev (2007), la comparaison de nombres et de quantités, la connaissance du nombre verbal, des chiffres arabes et de l'ordinalité seraient les quatre capacités numériques à la base de l'arithmétique. L'acquisition du comptage à l'âge préscolaire serait également prédictive des compétences en arithmétique (Aunola et al., 2001 ; Aunio & Niemivirta, 2010). La capacité à comparer des

collections de jetons (représentation analogique) serait significativement corrélée à la résolution d'opérations complexes mais l'ordinalité serait une variable médiatrice (Thevenot & Fayol, 2018, d'après Lyons & Beilock, 2011).

Il a été montré que de faibles capacités numériques précoces provoquaient un retard dans les apprentissages formels. Ainsi, comptage, dénombrement et comparaison de nombres arabes en maternelle seraient prédicteurs des capacités mathématiques au CP (Hornung et al., 2014) et ce jusqu'en fin de CE2, tout comme la reconnaissance de nombres arabes, le calcul non verbal (additions et soustractions) et la compréhension de problèmes (Jordan et al., 2009). La capacité numérique précoce des enfants de maternelle aurait un impact également sur leur vie professionnelle future (Duncan et al., 2007).

Ces compétences sont acquises précocement, en période pré-scolaire ou au cours de l'école maternelle. Or elles semblent déterminantes pour la suite des acquisitions mathématiques. Lorsque l'on s'intéresse à l'impact de l'exposition aux écrans sur les acquisitions mathématiques chez le jeune enfant, il semble alors important de porter attention aux capacités précoces de traitement du nombre.

## **2.2. L'influence de l'environnement familial : effets de la stimulation des nombres au sein du foyer**

Comme nous venons de le voir dans le paragraphe précédent, les compétences mathématiques formelles futures semblent dépendre d'habiletés innées et du développement de compétences précoces. Cependant le milieu dans lequel grandit l'enfant est également déterminant.

Les stimulations numériques précoces proposées par la famille seraient fortement liées aux performances mathématiques futures des enfants (Anders et al., 2012 ; Benavides-Varela et al., 2016 ; Lefevre et al., 2009). Cela pourrait expliquer les différences retrouvées en mathématiques entre enfants d'âge pré-scolaire (Aunola et al., 2001 ; Clements & Sarama, 2008 ; Klibanoff, Levine, Huttenlocher, Vasilyeva, & Hedges, 2006).

Lefevre et ses collègues ont ainsi montré une corrélation entre la fréquence d'activités formelles et informelles réalisées en famille et les connaissances et aptitudes numériques scolaires. Les activités formelles seraient celles en lien direct et explicite avec des numérosités (comptage et tri d'objets, apprendre le nom des chiffres, etc.) alors que les activités informelles leurs seraient liées indirectement et implicitement (jeux de société, lecture de l'heure, suivre une recette de cuisine avec des quantités, etc. : Lefevre et al., 2009). Ces stimulations permettraient aux enfants d'utiliser plus facilement les nombres dans des tâches d'estimation de quantités, d'opérations sur de petites numérosités et permettraient une acquisition facilitée de la chaîne numérique (Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996). De nombreux jeux de société font appel à la manipulation de numérosités : jeux de cartes, jeux de plateau (avec déplacement d'un pion par exemple), jeux de dés, etc. Une étude a montré que les enfants les plus à l'aise avec les nombres étaient ceux qui étaient les plus stimulés à la maison par des activités autour du nombre comme les jeux cités précédemment ainsi que d'autres activités du quotidien faisant appel aux numérosités, telles que cuisiner en suivant une recette (Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996). Benavides-Varela et ses collègues (2016) ont comparé les performances mathématiques de 110 enfants de cinq à six ans en tenant compte de leur rapport aux informations numériques à la maison. Il a montré une corrélation forte entre la quantité d'informations numériques apprises à la maison grâce notamment à la participation à des activités numériques indirectes (jeux de société) ou à l'évocation de dates

et la performance des enfants dans des tâches faisant appel aux représentations numériques exactes et dans des problèmes numériques quotidiens (Benavides-Varela et al., 2016).

Ramani et Siegler précisent que la pratique de jeux de plateau linéaire favoriserait le développement de compétences numériques faisant appel aux représentations exactes et approximatives (comparaison de grandeurs numériques, estimation sur ligne numérique, comptage, identification numérique et résolution de problèmes d'additions). L'impact des jeux de plateau linéaire serait supérieur à l'effet de jeux de plateau circulaire et à l'effet d'activités numériques autres. Cela s'expliquerait par la proximité entre la représentation du plateau linéaire et la ligne numérique mentale, favorisant ainsi l'apprentissage des grandeurs numériques (Ramani & Siegler, 2008, 2009).

Le type de stimulations proposé au domicile a donc un effet sur les performances mathématiques de l'enfant et l'impact de jeux de société, d'activités autour du nombre semble être positif. Les activités loisirs des enfants étant de plus en plus tournées vers les écrans, cela interroge sur les effets que cela peut avoir sur les performances mathématiques.

Par ailleurs, le type d'activités réalisées au sein du foyer serait lié au niveau socio-économique de l'enfant : des enfants de milieux défavorisés s'occuperaient davantage avec des jeux vidéos tandis que des enfants issus de milieux plus aisés feraient plus d'activités informelles en famille (Ramani & Siegler, 2009). De plus, l'opinion et le niveau des parents relatif aux mathématiques ainsi que le soutien apporté à leurs enfants dans cette matière influenceraient les performances des enfants (Melhuish et al., 2008 ; Parsons, Adler, & Kaczala, 1982).

Le développement des compétences mathématiques est donc un processus long et complexe. Des aptitudes numériques acquises précocement semblent avoir une importance particulière dans la suite des apprentissages. Or les activités autour du nombre réalisées à la maison paraissent influencer ces aptitudes numériques. A l'ère du digital, il apparaît alors intéressant d'étudier les nouvelles habitudes familiales des enfants autour des écrans tactiles et leur impact sur le développement des apprentissages et particulièrement celui des mathématiques.

### **3. L'impact des écrans numériques sur les apprentissages**

#### **3.1. Les habitudes familiales des enfants d'âge pré-scolaires liées aux écrans**

De zéro à deux ans, les jeunes enfants passent en moyenne cinquante minutes devant les écrans. Les élèves de maternelle consacrent environ un quart de leur temps de veille devant des écrans, soit environ 2h45 par jour pour les 2-4 ans et une tendance vers 3h quotidiennes pour les 5-8 ans. Or, plus l'enfant est exposé tôt aux écrans et plus il augmente le risque de devenir un futur utilisateur assidu (pour une revue, voir Desmurget, 2019). Il existe des disparités si l'on s'intéresse aux variables socio-culturelles. Les enfants de milieux défavorisés passeraient deux fois plus de temps sur les écrans que ceux issus de milieux favorisés. Pour la variable de genre, les garçons et les filles auraient des organisations différentes de leurs temps d'écrans récréatifs. Mais cette différence serait significative seulement à l'adolescence.

Avant l'âge de huit ans, la majorité des activités numériques réside dans le visionnage de programmes (télévision, DVD et autres vidéos) suivi par la pratique de jeux vidéo. Plus les enfants accèdent facilement aux divers types d'écrans (plusieurs outils électroniques présents dans le foyer, appareil numérique présent dans la chambre de l'enfant par exemple) et plus leur exposition seraient augmentée. Par exemple, les enfants de cinq ans avec une télévision ou une console de jeux dans leur chambre tripleraient leur risque de l'utiliser quotidiennement, respectivement, plus de deux heures et plus d'une demi-heure.

Les comportements des parents ont une forte influence sur l'attitude des enfants face aux écrans. Seulement 30 % des parents des 2-5 ans affirment être chaque fois, ou souvent, présents lorsque leur enfant est devant un écran. Donc 70 % se retrouvent privés d'interactions lorsqu'ils sont face aux écrans. De plus, le temps que les parents consacrent aux outils numériques est corrélé avec le temps que leurs enfants passent également sur ces supports digitaux. Ce phénomène peut avoir plusieurs explications : l'imitation, les temps d'écrans partagés, la vision plus positive des écrans par les consommateurs assidus (pour une revue, voir Desmurget, 2019).

Avec l'âge, les enfants passent donc de plus en plus de temps sur les écrans numériques.

### **3.2. Les effets néfastes des écrans numériques**

Plusieurs recherches scientifiques rapportent des effets négatifs des écrans à plusieurs niveaux : émotionnel (dépression, agressivité), cognitif (intelligence, langage, concentration), somatique (obésité, impact cardio-vasculaire) ; ces deux derniers effets étant observés chez les jeunes enfants dès dix à trente minutes d'exposition quotidienne. Ces effets seraient plutôt observés lors d'usages majoritairement récréatifs des écrans (en opposition aux usages professionnels ou éducatifs). Nous augmenterions le risque de développer la maladie d'Alzheimer de 30 % chaque fois que nous augmentons d'une heure notre exposition quotidienne aux écrans. Cela pourrait être lié à l'effet de ceux-ci sur le sommeil (pour une revue, voir Desmurget, 2019).

Pour revenir à nos sujets d'études qui sont les enfants de maternelle, des études ont montré que l'utilisation de ces nouvelles technologies serait néfaste pour le développement cérébral et aurait un impact négatif sur la réussite scolaire. L'impact sur le développement cérébral s'explique par l'importance de la maturation cérébrale dans les premières années de vie, période que l'on nomme « sensible » puisque toute lacune de stimulation entraînera un retard de développement difficilement rattrapable dans une capacité (pour une revue, voir Desmurget, 2019). Or, un enfant qui est devant un écran est un enfant qui ne reçoit pas les stimulations dont il a besoin (jeux, explorations motrices et sensorielles, interactions sociales, etc). Et, sachant qu'au moment de la période des 2-8 ans un enfant passe l'équivalent de 7 années scolaires complètes devant les écrans, nous pouvons imaginer la perte de stimulations adaptées que cela implique. Le second impact sera développé dans la partie suivante.

Les campagnes de sensibilisation recommandent ainsi de ne pas présenter d'écrans du tout aux enfants de moins de deux ans (OMS, communiqué de presse 2019). Ces conseils seraient probablement applicables également aux enfants jusqu'à l'âge de cinq ans. Mais la limite à ne pas dépasser serait d'une heure quotidienne pour les 2-5 ans, quels que soient les contenus diffusés par les écrans (Desmurget, 2019).

### **3.3. Les effets des écrans sur les apprentissages**

En 2015, le Président François Hollande présentait son plan pour le numérique à l'école. En 2016, les tablettes « François Hollande » entraient dans les écoles avec pour objectif d'améliorer l'enseignement. Les TICE (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement) étaient vues comme des outils devant contribuer à lutter contre l'échec scolaire et de nombreux outils numériques ont alors été distribués à des élèves (Desmurget, 2019). Pourtant, les résultats des élèves ne se sont pas améliorés et ont même parfois empirés. Cela est démontré par les études PISA, études internationales comparant les performances scolaires d'élèves de différents pays à l'aide de tests standardisés. Ces études comparent les résultats en langues, en mathématiques et en sciences (OCDE, 2015).

Dans la suite de cette partie, nous nous intéresserons à l'utilisation des écrans dans l'environnement familial. Les données présentées sont souvent des données moyennes de la population, cependant, il est à noter qu'il existe des différences interindividuelles liées à l'âge, au sexe et au milieu socio-économique.

#### **3.3.1. Données générales sur les effets des écrans sur les apprentissages**

Dans son livre publié en 2019, Michel Desmurget rapporte qu'une exposition de 30 à 60 minutes aux jeux vidéo, à la télévision ou aux écrans, et ce de manière quotidienne, pourrait provoquer des effets néfastes sur le développement cognitif et sur les résultats scolaires d'enfants de tout âge. La performance académique est diminuée de manière proportionnelle à la durée d'exposition aux écrans et ce, quel que soit l'âge, le sexe ou le milieu d'origine. Cela est confirmé par des études qui se sont intéressées spécifiquement à la consommation de télévision ou de jeux vidéo. L'influence sur les performances scolaires peut s'expliquer par plusieurs facteurs. D'une part, les écrans ont une influence négative sur la qualité et la durée de notre sommeil, ce qui provoquerait de manière secondaire un impact sur la réussite scolaire. Cela est confirmé notamment par une étude dans laquelle les auteurs ont expliqué les rythmes, les rôles et les distracteurs du sommeil à des enfants d'âge scolaire au cours d'un programme pédagogique de huit séances d'une heure. Ils ont mesuré la quantité de sommeil des enfants et leurs performances académique avant et après leur intervention. Leur programme a permis une augmentation de 30 min de la quantité de sommeil des enfants et 83.3 % d'entre eux ont eu de meilleurs résultats académiques (Rey, Guignard-Perret, Weber, & Mazza, 2019).

D'autre part, les enfants qui passent du temps devant des écrans « récréatifs » ont tendance à réduire le temps consacré aux devoirs. Pourtant les devoirs permettent de mieux assimiler et mémoriser les concepts importants vus dans les leçons (pour une revue, voir Desmurget, 2019). De plus, les devoirs semblent aider les élèves à s'auto-réguler à plusieurs niveaux, par exemple en développant leur motivation, en se coupant des distractions, en se fixant des objectifs et en gérant leur temps (Ramdass & Zimmerman, 2011). Une étude confirme ce dernier lien entre gestion du temps et devoirs. En comparant un groupe d'enfants dotés de consoles de jeux vidéo et un groupe dépourvu de consoles, les auteurs ont mis en évidence que le premier groupe passait quatre fois plus de temps quotidien devant la console. Or, la moitié du temps supplémentaire passé sur la console était du temps que les enfants retiraient à leur temps de devoirs (Weis & Cerankosky, 2010). Enfin, comme dit précédemment, les enfants qui passent du temps sur les écrans réalisent moins d'activités bénéfiques à leur développement. Le groupe « consoles » avait de moins bons résultats

académiques que le groupe « sans consoles » (Weis & Cerankosky, 2010). Toutefois, la télévision ou les jeux d'action augmenteraient l'attention chez les enfants. Cependant, il s'agit de fonctions attentionnelles visuelles qui pourraient être vues comme une faculté à se distraire, à se disperser (le multitasking). Une étude nous informe, en effet, que les personnes faisant plusieurs tâches à la fois sur des médias (multi-tasker) seraient plus à risque d'être distraits par des stimuli environnementaux non pertinents (Ophir, Nass, & Wagner, 2009). Or, cela ne serait pas bénéfique à la mémorisation et à la compréhension des savoirs présentés à l'enfant dans la journée.

### **3.3.2. Effets des écrans sur l'apprentissage des mathématiques**

D'une manière générale, les TICE instaurés dans les classes n'ont pas eu d'effet positif sur les performances mathématiques des enfants à l'école. Par exemple, dans les pays dont la proportion d'étudiants utilisant leur ordinateur au cours des leçons de mathématiques est plus importante, la compétence en mathématiques est plus faible (Desmurget, 2019).

Une étude de cohorte d'enfants a montré un lien entre les performances en mathématiques et le temps passé devant la télévision lors de la petite enfance. Une heure quotidienne à 2,5 ans entraînerait une baisse supérieure à 40 % des résultats en mathématiques à 10 ans (Pagani, Fitzpatrick, Barnett, & Dubow, 2010).

Une seconde étude indique que les enfants de primaire sans télévision dans leur chambre ont des résultats en mathématiques supérieurs de 19 % par rapport à leurs pairs équipés d'une télévision (Borzekowski & Robinson, 2005). Dans l'étude évoquée précédemment comparant le groupe d'enfants avec console vidéo et le groupe contrôle sans console vidéo, ce dernier avait des résultats meilleurs de 2 % en mathématiques mais ce résultat n'était pas significatif (Weis & Cerankosky, 2010).

Alors que les enfants passent de plus en plus de temps devant des écrans, il est déjà montré que cela a un impact général sur les apprentissages. Cependant, rares sont les études qui apportent des données sur l'effet de l'exposition aux écrans sur les performances en mathématiques.

## **4. Hypothèses et buts**

D'après la littérature scientifique, l'utilisation des écrans récréatifs chez les jeunes enfants montre des effets négatifs à plusieurs niveaux. Or peu de données sont disponibles quant à l'impact des écrans de tablette sur les compétences mathématiques.

Le premier objectif de ce mémoire est de déterminer le lien éventuel entre exposition à la tablette digitale et performances mathématiques chez des enfants de maternelle.

Le second objectif est de préciser, le cas échéant, le type de capacités mathématiques (SNA ou SNE) influencées par l'exposition aux écrans de tablette digitale.

## **Méthode**

Ce mémoire s'inscrit au sein du projet Kids e-Stim. La population, le matériel et une partie de la méthodologie sont donc issus de ce projet.

L'anonymisation des données a été approuvée par la CNIL (traitement n° SC20171127-001) et l'étude a reçu l'approbation du Comité d'Ethique d'Etablissement de l'Université de Lille (2017-1-S55). La méthodologie du projet Kids e-Stim s'inspire de la méthodologie

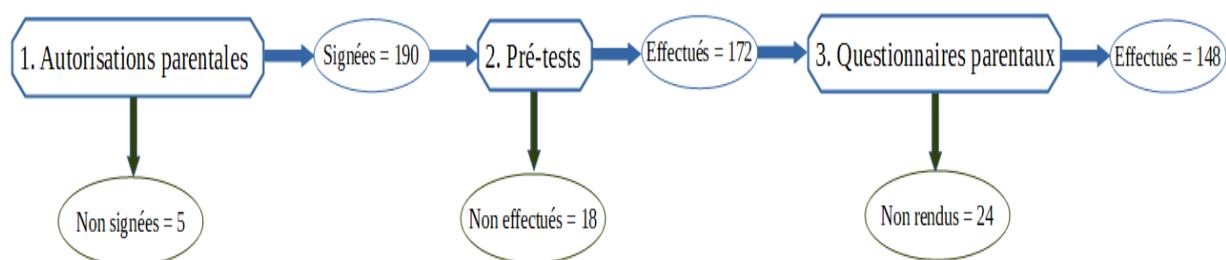
employée dans l'étude de Cornu et collaborateurs (Cornu, Schiltz, Pazouki, & Martin, 2017). La méthodologie est de type pré-tests/entraînements/post-tests et inclut l'utilisation de questionnaires parentaux. Dans ce mémoire, en adéquation avec sa problématique, seul la phase de pré-test et les questionnaires parentaux seront détaillés.

## 1. Population

L'échantillon d'étude comporte des enfants de la région Hauts-de-France. Ils sont scolarisés en moyenne section de maternelle (MSM) et en grande section de maternelle (GSM) dans cinq écoles de milieu socio-scolaire tout-venant (zone d'éducation non prioritaire).

Les critères d'inclusions pour la sélection de l'échantillon étaient les suivants : être élève d'une des écoles sélectionnées par l'Education Nationale pour ce projet, être en MSM ou GSM, avoir une autorisation parentale et enfin, ne pas avoir de dossier MDPH (Maison Départementale des Personnes Handicapées).

La figure suivante (Figure 2) détaille l'évolution de l'effectif de l'échantillon en fonction de l'avancée de l'étude.



**Figure 2 : évolution de l'effectif de l'échantillon**

A l'origine, 195 élèves ont donc été inclus dans l'étude. Les données à la fois du questionnaire parental et des pré-tests ont été récoltées pour 148 d'entre eux. Sur ces 148 enfants, 101 parents ont répondu à l'item du questionnaire sur lequel se porte notre intérêt.

Les élèves avaient de 3 ans et 1 mois à 7 ans et 2 mois, la moyenne d'âge étant de 5 ans et 2 mois  $[\pm 7 \text{ mois}]$  lorsqu'ils ont passé les pré-tests. La répartition selon la classe et le sexe est indiquée ci-dessous (tableau 1). Plus de GSM que de MSM participent à l'étude. Chez les MSM, le nombre de garçons est supérieur au nombre de filles alors que le genre est équilibré pour les GSM.

*Tableau 1. Répartition des effectifs selon le sexe et la classe*

Effectifs	MSM (garçons)	GSM (garçons)	Total
Participants	34 (25)	67 (32)	101
Possède sa propre tablette	16 (11)	39 (18)	55

## 2. Matériel et procédure

La récolte des autorisations et questionnaires parentaux constitue la première étape de l'étude (Décembre 2017). Puis, les pré-tests ont été réalisés sur trois semaines (Janvier 2018).

## 2.1. Questionnaires

Le questionnaire parental permet de recueillir des informations sur les habitudes de jeux des enfants à leur domicile. Il est structuré en trois parties. La première partie interroge sur les différents types de jeux utilisés par l'enfant, la deuxième traite du jeu sur tablette digitale et la dernière partie se focalise sur les jeux de société. Les deux dernières parties du questionnaire sont construites de manière similaire avec des questions sur la fréquence, la durée et le type de jeux auxquels joue l'enfant. La question principalement étudiée dans ce mémoire est « Combien de temps estimez-vous que votre enfant passe sur une tablette tactile ? ».

Les questionnaires ont été distribués aux parents sous format papier. Un seul questionnaire par famille a été pris en compte.

## 2.2. Pré-tests

Dans la méthodologie de l'étude Kids e-Stim, la phase de pré-test permettait d'identifier les compétences de l'enfant avant les entraînements pour pouvoir objectiver leur impact. Dans ce mémoire, les résultats des pré-tests sont mis en lien avec les données du questionnaire parental. Les données des entraînements ne sont pas exploitées. La phase de pré-test a eu lieu en janvier 2018 durant trois semaines. Chaque passation, individuelle, a duré entre 40 et 60 minutes.

Tableau 2. Descriptif des tâches

Nom de la tâche		Descriptif de la tâche	Score maximal et notation
<b>Matrices non verbales (WNV)</b>		Choix d'un item parmi plusieurs pour compléter une matrice	/41
<b>Aptitudes visuo-spatiales</b>	Orientation spatiale (LeqD)	Barrer la forme différente parmi cinq	/10
	Orientation spatiale (LeqM)	Barrer la forme identique au modèle	/10
	Relation spatiales	Relier des points d'après un modèle	/44
<b>Mémoire à court terme</b> Mémoire de travail verbale		Répéter les couleurs énoncées par l'examineur dans l'ordre inverse	/6
<b>Lignes numériques</b>		Placer 8 nombres sur des lignes non graduées mais bornées de 0 à 20	Note en cm d'écart à la réponse attendue
<b>Comparaison</b>	Contrôle moteur (MOTOR SPEED)	Barrer le plus de forme cible parmi deux en vingt secondes	Nombre d'éléments correctement traités (Epreuves chronométrées)
	- Symbolique : nombres à un ou deux digit(s) - Non symbolique	Barrer le plus grand nombre/ensemble de points parmi deux en trente secondes	
<b>Comptage</b>	Libre	Compter le plus loin possible	Dernier élément énoncé
	A partir de	D'une borne jusqu'à une autre borne	Chaque épreuve /10
	Arrière	En arrière, d'une borne à une autre	
<b>« How many Task »</b>		Dénombrer des cailloux	/3
<b>Lecture de nombres à voix haute</b>		Lire rapidement le nombre arabe	/18
<b>« Quel est le chiffre manquant ? »</b>		Compléter la suite de nombres arabes	/10
<b>Additions verbales</b>	Doigts	Donner oralement le résultat d'une addition à partir d'images de doigts	Chaque épreuve /6
	Nombres arabes	ou de nombres arabes	

Note. Code couleur : Compétences générales ; SNA ; SNE

Au total, onze épreuves ont été proposées. Les compétences non spécifiques aux mathématiques (test de quotient intellectuel WNV, aptitudes visuo-spatiales et mémoire de travail) sont regroupées sous l'appellation compétences générales. Les autres épreuves testent de manière spécifique les compétences mathématiques. Elles sont séparées en deux groupes pour l'analyse. Les lignes numériques et les tâches de comparaison constituent les épreuves testant le Système Numérique Approximatif (SNA). Comptage, dénombrement, lecture de nombres à voix haute, complétion d'une suite de nombres et additions permettent de tester le Système Numérique Exact (SNE). Certaines tâches comportent des sous-épreuves. Le descriptif des épreuves est indiqué dans le Tableau 2. Pour certaines épreuves, nous avons créé des sous-totaux pour déterminer deux niveaux de difficultés. Nous avons regroupé les items comprenant les nombres arabes de 1 à 9 pour un sous-total « un digit » et les nombres arabes supérieurs à 10 pour un sous-total « deux digits ».

L'épreuve de comparaison « contrôle moteur » permet uniquement de contrôler la variable de vitesse de traitement sur les épreuves de comparaison symbolique et non symbolique. Toutes les épreuves sont notées en fonction des réponses correctes, à l'exception du comptage libre (le dernier mot-nombre énoncé par l'enfant est noté) et des épreuves de ligne numérique. Pour ces épreuves, la notation se fait selon l'écart par rapport à la réponse attendue, ainsi, plus le score est important et plus l'enfant s'est trompé.

### 2.3. Analyse statistique

Les données recueillies d'après les questionnaires et les pré-tests ont été encodées dans un tableur Excel (Microsoft Excel, Version 16.16.20, 2018). Celles non interprétables ou manquantes ont été codées différemment des réponses « non », respectivement « . » et « 0 ». Les analyses statistiques ont été menées via le programme SPSS (IBM Corp, 2017).

## Résultats

### 1. Durée d'exposition à la tablette

#### 1.1. Analyse descriptive des réponses

En premier lieu, nous nous sommes intéressées à la durée d'exposition des enfants à la tablette au sein du foyer, et ce, en fonction de leur classe. Les réponses des parents à ce sujet sont décrites en tableau 3. La moitié des enfants de l'échantillon (53.6 %) passe moins d'une heure par utilisation sur la tablette. La durée d'exposition à la tablette augmente légèrement en fonction de l'âge (39.4 % des MSM y restent plus d'une heure contre 48.4 % de GSM).

Tableau 3. Informations descriptives, en pourcentages, sur la durée d'exposition à la tablette

Durée d'exposition à la tablette par utilisation	MSM (%)	GSM (%)	Groupe total (%)
Moins d'une heure	66.6	51.6	54.6
Au moins une heure	21.2	35.9	31.0
Au moins deux heures	15.2	9.4	11.3
Plus de deux heures	3.0	3.1	3.1
TOTAL	100	100	100

## 1.2. La durée d'exposition à la tablette en fonction des caractéristiques de notre population

Pour préciser notre description et étudier le rapport entre la durée d'exposition à la tablette et les variables qui permettent de décrire notre population d'étude comme l'âge, le QI et la classe, nous avons utilisé le test t de Student. Avec ce test, les résultats sont dits significatifs lorsque  $p$  est inférieur à .05. Nous avons fixé la marginalité à  $.05 < p < .099$ .

Nous n'observons pas de différence significative entre la durée d'exposition en MSM et en GSM ( $t(99) = -.57$  ;  $p = .96$ ). De plus, la possession d'une tablette personnelle ne semble pas grandement influencer le temps que les enfants passent à l'utiliser. En effet, on note une légère augmentation dans la durée d'exposition à la tablette pour les enfants possédant une tablette personnelle par comparaison avec ceux qui n'en ont pas, la différence entre les deux étant marginale ( $t(93) = -1.73$  ;  $p = .087$ ). Par ailleurs, la durée d'exposition à la tablette n'est pas corrélée à l'âge pour la population totale d'enfants. Cependant, cette corrélation est négative pour la population de MSM seule ( $r(65) = -.275$  ;  $p = .024$ ). Les MSM les plus âgés passent donc plus de temps devant leur tablette à chaque utilisation.

Enfin, notons que la durée d'exposition est corrélée négativement au QI de la population totale ( $r(99) = -.203$  ;  $p = .042$ ). Cela signifie que les enfants au QI les plus faibles passent plus de temps devant leur écran de tablette. Aucune corrélation n'est présente lorsque l'on s'intéresse aux populations de MSM et GSM de manière isolées.

## 2. Résultats aux épreuves de test

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressées aux scores de la population globale, puis au détail des scores en fonction de la classe. Les moyennes et écarts-types aux épreuves est présenté au sein du tableau 4 pour les tâches de compétences générales.

Tableau 4. Résultats des enfants aux tests de compétences générales

Tâches	Epreuve/sous-épreuve	Groupe	N	Moyenne	Ecart-type
Matrice non verbale	WNV	MSM	34	9.59	3.46
		GSM	67	12.57	2.94
		Total	101	11.56	3.42
	Orientation spatiale (LeqD)	MSM	34	5.29	2.28
		GSM	67	7.79	2.08
		Total	101	6.95	2.44
Aptitudes visuo-spatiales	Orientation spatiale (LeqM)	MSM	34	5.06	2.17
		GSM	67	6.43	2.26
		Total	101	5.97	2.32
	Relations spatiales	MSM	34	21.18	14.52
		GSM	67	36.43	6.67
		Total	101	31.30	12.30
Mémoire à court terme	Mémoire de travail verbale	MSM	34	.82	1.11
		GSM	67	2.27	1.33
		Total	101	1.78	1.43

L'effectif N, correspondant au nombre de résultats récoltés, varie en fonction des épreuves selon si la totalité des enfants a effectué l'épreuve ou non. Le détail des moyennes et des écarts-types aux épreuves mathématiques se trouve au sein du tableau 5 pour les tâches faisant appel au SNA et au sein du tableau 6 pour les tâches faisant appel au SNE.

**Tableau 5. Résultats des enfants aux tests de compétences mathématiques faisant appel au SNA**

Tâches	Epreuve / sous-épreuve	Groupe	N	Moyenne	Ecart-type	
Lignes numériques	Nombre arabe à 1 digit	MSM	31	9.22	5.17	
		GSM	66	5.08	3.34	
		Total	97	6.40	4.43	
	Nombre arabe à 2 digits	MSM	32	14.28	7.83	
		GSM	66	8.90	6.50	
		Total	98	10.66	7.37	
	Total	MSM	33	2.90	1.32	
		GSM	66	1.75	1.09	
		Total	99	2.13	1.29	
Contrôle moteur	Contrôle moteur	MSM	34	8.47	5.20	
		GSM	67	12.79	5,4.	
		Total	101	11.34	5.72	
	Nombre arabe à 1 digit	MSM	34	4.23	3.27	
		GSM	67	8.91	3.71	
		Total	101	7.34	4.19	
	Comparaison	Nombre arabe à 2 digits	MSM	32	3.69	2.12
			GSM	66	6.42	3.88
			Total	98	5.53	3.63
Non Symbolique		MSM	34	8.47	3.87	
		GSM	67	13.69	5.44	
		Total	97	11.99	5.36	
Total		MSM	32	25.00	10.05	
		GSM	66	41.71	14.36	
		Total	98	36.25	15.25	

Dans un deuxième temps, nous avons comparé les scores des élèves en fonction du sexe et de la classe. Les élèves de GSM ont des scores supérieurs à ceux de MSM dans toutes les épreuves. Pour tester la significativité des différences entre les scores, le test t de Student a été utilisé.

**Tableau 5. Résultats des enfants aux tests de compétences mathématiques faisant appel au SNE**

Tâches	Epreuve / sous-épreuve	Groupe	N	Moyenne	Ecart-type
Comptage	Libre	MSM	34	17.53	8.91
		GSM	67	27.57	12.28
		Total	101	24.19	12.18
	A partir de	MSM	34	2.35	1.82
		GSM	67	3.30	1.92
		Total	101	2.98	1.93
	En arrière	MSM	34	.65	1.10
		GSM	67	1.75	1.69
		Total	101	1.38	1.60
Dénombrement	How many task	MSM	34	2.18	.94
		GSM	67	2.54	.70
		Total	101	2.42	.80
Lecture à voix haute	Nombre arabe à 1 digit	MSM	34	3.38	1.69
		GSM	67	4.63	.65
		Total	101	4.21	1.25
	Nombre arabe à 2 digits	MSM	34	1.32	2.32
		GSM	67	3.84	4.31
		Total	101	2.99	3.93
Total	MSM	34	4.71	3.43	
	GSM	67	8.46	4.61	
	Total	101	7.20	4.59	
Complétion de suite numérique	« Quel est le chiffre manquant ? »	MSM	34	2.59	2.64
		GSM	67	5.45	3.15
		Total	101	4.48	3.27
Additions	Doigts	MSM	34	1.44	1.86
		GSM	67	3.39	2.31
		Total	101	2.73	2.34
	Nombres arabes	MSM	34	.85	1.23
		GSM	67	2.31	2.24
		Total	101	1.82	2.07

## 2.1. Différence des résultats obtenus en fonction du sexe

### Compétences générales

Les résultats sont significativement différents pour l'épreuve de « Mémoire de travail verbale » ( $t(99) = -2.23$  ;  $p = .028$ ) entre les filles et les garçons. Les différences sont marginales aux épreuves « Orientation spatiale (LeqD) » ( $t(99) = -1.93$  ;  $p = .056$ ) et

« Relations Spatiales » ( $t(98.69) = -1.67 ; p = .098$ ). Les filles obtiennent des scores supérieurs aux garçons pour ces trois épreuves.

### **Compétences mathématiques**

**En ce qui concerne le SNA :** Les différences entre les résultats des filles et des garçons ne sont pas significatives pour les épreuves de SNA. Pour le score total de l'ensemble des épreuves de comparaison ( $t(96) = -1.92 ; p = .058$ ) et de l'épreuve de ligne numérique « nombres arabes à un digit » ( $t(93.62) = 1.90 ; p = .060$ ), la différence est marginale. Les filles sont plus performantes que les garçons pour ces épreuves.

**En ce qui concerne le SNE :** Les résultats ne sont pas significativement différents entre les filles et les garçons pour les épreuves de SNE.

## **2.2. Différence des résultats obtenus en regard de la classe (MSM versus GSM)**

### **Compétences générales**

Les GSM ont un QI supérieur aux MSM ( $t(99) = -4.53 ; p \leq .001$ ). Ils sont également meilleurs que les MSM aux trois sous-épreuves testant les aptitudes visuo-spatiales, i.e. ; « Orientation spatiale (LeqD) » ( $t(99) = -5.52 ; p \leq .001$ ) ; « Orientation spatiale (LeqM) » ( $t(99) = -4.53 ; p = .004$ ) et « Relations spatiales » ( $t(40.21) = -5.82 ; p \leq .001$ ). Enfin, ils obtiennent des meilleurs scores à l'épreuve de « Mémoire de travail verbale » ( $t(99) = -5.43 ; p \leq .001$ ). Les GSM ont de meilleurs résultats que les MSM aux différentes tâches testant les compétences générales.

### **Compétences mathématiques**

**En ce qui concerne le SNA :** Les GSM ont de meilleurs scores que les MSM à l'épreuve de ligne numérique, pour le score total ( $t(97) = 4.63 ; p \leq .001$ ), le score « nombres arabes à un digit » ( $t(42.16) = 4.08 ; p \leq .001$ ) et le score pour les nombres à deux digits ( $t(96) = 3.59 ; p \leq .001$ ). Les scores des GSM sont également supérieurs aux épreuves de comparaison, pour le score total ( $t(96) = -5.91 ; p \leq .001$ ), les nombres arabes à un digit ( $t(99) = -6.22 ; p \leq .001$ ), les nombres arabes à deux digits ( $t(94.59) = -4.51 ; p \leq .001$ ) et la comparaison « non symbolique » ( $t(99) = -4.98 ; p \leq .001$ ). Les GSM ont donc mieux réussi l'ensemble des épreuves et sous-épreuves impliquant le SNA.

**En ce qui concerne le SNE :** Les GSM sont plus performants que les MSM aux différentes épreuves de comptage, i.e., « libre » ( $t(99) = -4.23 ; p \leq .001$ ), « à partir de » ( $t(99) = -2.37 ; p = .019$ ) et « arrière » ( $t(92.94) = -3.93 ; p \leq .001$ ) ; aux épreuves de lecture à voix haute, pour le score total ( $t(85.25) = -4.61 ; p \leq .001$ ), « nombres arabes à un digit » ( $t(38.01) = -4.15 ; p \leq .001$ ) et « nombres arabes à deux digits » ( $t(98.61) = -3.81 ; p \leq .001$ ) ; à l'épreuve « Quel est le chiffre manquant », pour le score total ( $t(99) = -4.54 ; p \leq .001$ ) et les nombres à un digit ( $t(99) = -4.48 ; p \leq .001$ ) ; aux additions verbales, avec images de doigts ( $t(80.20) = -4.57 ; p \leq .001$ ) et avec chiffres arabes ( $t(98.24) = -4.22 ; p \leq .001$ ).

La différence est marginale à l'épreuve « HMT » ( $t(52.45) = -1.98 ; p = .053$ ) et à l'épreuve « Quel est le chiffre manquant » lorsque les nombres sont à deux digits ( $t(55.66) = -1.98 ; p \leq .053$ ). Les GSM sont également meilleurs que les MSM pour ces deux épreuves.

Les GSM ont obtenus de meilleurs résultats que les MSM à toutes les épreuves impliquant le SNE.

Notons la présence d'un effet plancher pour les scores de comptage « à partir de » pour les MSM [ $M = 2.35$  ;  $ET = 1.82$ ] et les scores de comptage « arrière » pour toute la population [MSM :  $M = .65$  ;  $ET = 1.10$  ; GSM :  $M = 1.75$  ;  $ET = 1.69$ ] ; (pour rappel, les épreuves sont notées sur 10). Un effet plancher s'observe également à l'épreuve de lecture à voix haute de nombres à un digit [MSM :  $M = 3.38$  ;  $ET = 1.69$  ; GSM :  $M = 4.63$  ;  $ET = .65$ ] et à deux digits [MSM :  $M = 1.32$  ;  $ET = 2.32$  ; GSM :  $M = 3.84$  ;  $ET = 4.31$ ] (les deux épreuves étant notées sur 18) ainsi que pour les scores d'additions de nombres arabes pour les MSM [ $M = .85$  ;  $ET = 1.23$ ] (pour rappel, l'épreuve est notée sur 6) .

### **3. Etude de corrélation entre la durée d'exposition à la tablette et les résultats aux épreuves**

Afin d'examiner si la durée d'exposition à la tablette a un effet sur les compétences générales et sur les compétences en mathématiques, nous avons utilisé le coefficient de corrélation de Pearson ( $r$ ). Comme pour le test t de Student, les résultats sont dits significatifs lorsque  $p$  est inférieur à .05 et nous avons fixé la marginalité à  $.05 < p < .099$ . Le lien entre les scores aux différentes tâches et la durée d'exposition à la tablette a été étudié pour la population totale puis par classe.

Concernant les compétences générales, en plus de la corrélation avec le QI évoquée précédemment, nous retrouvons une corrélation négative marginale entre la durée d'exposition à la tablette digitale et l'épreuve d'orientation spatiale (LeqD). Cette corrélation est présente à la fois pour la population totale ( $r(99) = -.193$  ;  $p = .053$ ) et pour la population de GSM isolée ( $r(65) = -.226$  ;  $p = .065$ ). Ainsi, plus les enfants de GSM passent de temps sur la tablette au sein de leur foyer, et moins ils sont performants pour cette épreuve visuo-spatiale. Aucune corrélation significative n'est en revanche retrouvée entre les résultats à l'épreuve de Mémoire de travail verbale et la durée d'exposition à la tablette.

#### **3.1. Lien entre durée d'exposition à la tablette et résultats aux épreuves mathématiques pour la population totale**

**En ce qui concerne le SNA :** La durée d'exposition à la tablette est corrélée négativement aux scores obtenus aux épreuves de comparaison « nombres arabes à un digit » ( $r(99) = -.244$  ;  $p = .014$ ).

**En ce qui concerne le SNE :** La durée d'exposition à la tablette est corrélée au comptage « libre » ( $r(99) = -.202$  ;  $p = .043$ ), au comptage « à partir de » ( $r(99) = -.211$  ;  $p = .034$ ), à l'épreuve « How many task » ( $r(99) = -.229$  ;  $p = .021$ ) et aux additions « doigts » ( $r(99) = -.223$  ;  $p = .025$ ) La corrélation est également négative mais marginale avec la lecture à voix haute de nombres à un digit ( $r(99) = -.186$  ;  $p = .063$ ). Ainsi, plus les enfants sont exposés à la tablette et plus les scores chutent pour ces épreuves. La corrélation est positive et marginale entre la durée d'exposition à la tablette et les scores à l'épreuve de ligne numérique lorsque les nombres sont à 2 digits ( $r(96) = .177$  ;  $p = .081$ ). Celle-ci étant notée à l'aide d'un score d'imprécision, cela signifie également que plus l'enfant a été exposé longtemps à chaque utilisation de la tablette et moins il a réussi cette épreuve.

Notons que certaines corrélations restent présentes lorsque celles-ci sont contrôlées pour le QI. Or, le QI est corrélé significativement aux différentes épreuves. Ainsi, les corrélations partielles mettent en évidence un effet important de l'exposition à la tablette sur les scores aux épreuves de comparaison de nombres arabes à un digit ( $r(86) = -.216 ; p = .043$ ), comptage « à partir de » ( $r(86) = -.226 ; p = .035$ ) et pour l'épreuve d'additions « doigts » ( $r(86) = -.199 ; p = .063$ ) pour laquelle la corrélation est marginale.

Par ailleurs, la corrélation entre la durée d'exposition à la tablette et la comparaison de nombres arabes à un digit n'est plus significative après contrôle de la vitesse de traitement ( $r(99) = .164 ; p = .101$ ).

### **3.2. Lien entre durée d'exposition à la tablette et résultats aux épreuves mathématiques en fonction de la classe.**

**Lorsque l'on regarde la population de MSM :** en ce qui concerne le SNA, la corrélation est positive et marginale entre durée d'exposition à la tablette et score de ligne numérique avec nombres à deux digits ( $r(30) = .298 ; p = .098$ ) qui est un score d'imprécision. En ce qui concerne le SNE, la durée d'exposition à la tablette est corrélée négativement au score total de lecture à voix haute ( $r(32) = -.389 ; p = .023$ ), au score de lecture à voix haute de nombres arabes à deux digits ( $r(32) = -.353 ; p = .041$ ) et au score de lecture à voix haute de nombres arabes à un digit ( $r(32) = -.306 ; p = .078$ ) dont la corrélation est marginale. La corrélation est également négative avec le comptage « libre » ( $r(32) = -.354 ; p = .040$ ). Ainsi, plus les enfants de MSM ont passé de temps devant la tablette et moins ils ont été performants aux différentes épreuves de lecture à voix haute, au comptage « libre » et à l'épreuve de ligne numérique avec nombres à deux digits.

**Lorsque l'on s'intéresse à la population de GSM :** la durée d'exposition à la tablette est corrélée négativement à la comparaison de nombres à un digit ( $r(65) = -.339 ; p = .005$ ) faisant appel au SNA. Pour ce qui concerne les corrélations entre durée d'exposition à la tablette et épreuves impliquant le SNE, la corrélation est négative pour les additions « doigts » ( $r(65) = -.280 ; p = .022$ ), la corrélation est négative et marginale pour l'épreuve de comptage « à partir de » ( $r(65) = -.229 ; p = .063$ ) et de dénombrement « HMT » ( $r(65) = -.216 ; p = .079$ ). Les enfants de GSM qui ont passé plus de temps devant la tablette sont alors moins bons que ceux qui y ont passé moins de temps pour les épreuves de comparaison à un chiffre, d'additions à partir d'images de doigts, de comptage « à partir de » et de dénombrement « HMT ».

Notons que, lorsque les corrélations contrôlées pour le QI, elles restent présentes, pour les GSM, entre la durée d'exposition à la tablette et les scores de comparaison de nombres à un chiffre ( $r(59) = -.308 ; p = .016$ ), d'additions « doigts » ( $r(59) = -.256 ; p = .047$ ) et de comptage « à partir de » ( $r(59) = -.216 ; p = .094$ ). Ainsi, les corrélations partielles mettent en évidence un effet important de l'exposition à la tablette sur les performances des GSM à ces épreuves.

# Discussion

## 1. Impact de l'exposition à la tablette digitale sur les compétences mathématiques

### 1.1. Des capacités mettant en jeu le SNA et le SNE altérées par l'exposition à l'écran de tablette

Le premier objectif de ce mémoire était d'étudier si les compétences mathématiques d'enfants de maternelle étaient liées au temps qu'ils passaient devant la tablette digitale. Le second objectif était de déterminer le type de capacités mathématiques (SNA/SNE) éventuellement en lien avec la durée d'exposition à la tablette digitale. Les résultats suggèrent un impact négatif de l'exposition à la tablette sur plusieurs compétences mathématiques testées, impliquant à la fois le SNA et le SNE. La capacité des enfants à réaliser des comparaisons de nombres arabes, des tâches d'estimation (tâche de placement d'un nombre sur une ligne numérique non graduée), à compter, à dénombrer, à lire à voix haute des nombres arabes et à réaliser des additions avec l'aide des doigts semble affectée proportionnellement au temps qu'ils ont l'habitude de passer devant une tablette digitale au sein de leur foyer.

Par ailleurs, l'étude de corrélation menée par classe a mis en lumière des disparités entre les MSM et les GSM. D'une part, comme nous pouvions nous y attendre, les GSM sont meilleurs que les MSM à toutes les épreuves. D'autre part, l'exposition à la tablette a un impact négatif sur des compétences mathématiques différentes selon si les enfants sont en MSM ou en GSM. Plus les enfants de MSM passent de temps sur la tablette digitale et plus leurs capacités à placer un nombre à deux digits sur une ligne graduée, à lire des nombres arabes à voix haute et à compter semblent affectées. Pour les enfants de GSM, les résultats laissent supposer que la durée d'exposition à la tablette a un impact négatif sur leurs capacités à comparer des nombres arabes à un digit, à réaliser des additions à partir d'images de doigts et à compter à partir d'une borne. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette disparité.

### 1.2. Hypothèses explicatives concernant la disparité des résultats retrouvés entre GSM et MSM

D'une part, l'effectif des GSM ( $N = 67$ ) est presque le double de celui des MSM ( $N = 34$ ). Ainsi, les corrélations entre les résultats aux épreuves et le temps d'exposition à la tablette sont probablement moins fortes pour les MSM puisque la significativité des corrélations dépend du nombre d'observations réalisées. De plus, l'échantillon total ( $N = 101$ ) est assez important pour mener une étude relativement fiable. Cependant, l'étude par classe conduit à des échantillons assez faibles. Cela expliquerait pourquoi certaines corrélations sont présentes pour la population totale d'enfants mais deviennent marginales lorsque l'intérêt se porte isolément sur chaque classe.

De plus, certaines épreuves ont peut-être été trop difficiles pour les enfants de MSM. Un effet plancher est constaté par exemple pour les scores des enfants de MSM à l'épreuve de comptage « à partir de ». Cela pourrait expliquer l'absence de corrélation entre la durée

d'exposition et les résultats des MSM à cette épreuve alors qu'elle est présente pour les GSM. A l'inverse, des épreuves ont probablement été trop faciles pour les GSM, comme par exemple le comptage libre, d'où une corrélation entre résultats à cette épreuve et l'exposition aux écrans pour les MSM mais pas pour les GSM.

Cette hypothèse explicative sur la difficulté des épreuves peut également permettre de mieux comprendre l'absence de corrélation, quel que soit le groupe étudié, entre l'exposition à la tablette et les résultats au comptage « arrière », aux additions de nombres arabes, à la comparaison de nombres arabes à deux digits, aux épreuves de lignes numériques à un digit et à la comparaison non symbolique. Les scores des enfants sont en effet très bas pour les épreuves de comptage « arrière » et d'additions « nombres arabes », ce qui démontre que les enfants ont été en difficulté pour les réaliser. Au contraire, les épreuves de ligne numérique avec nombres à un digit et de comparaison « non symbolique » ont probablement été trop faciles.

### **1.3. Des compétences générales comme variables médiatrices**

Le QI des enfants est inversement proportionnel au temps passé sur la tablette digitale au sein du foyer. L'intelligence des enfants paraît donc affectée par une exposition prolongée à la tablette digitale, ce qui est en accord avec les recherches scientifiques sur les effets des écrans (pour une revue, voir Desmurget, 2019). Desmurget explique que le temps que les enfants consacrent à la tablette digitale est du temps qu'ils ne consacrent pas à faire des activités nécessaires à leur développement. Or, le QI est également corrélé aux résultats des différentes épreuves mathématiques. Cela est en accord avec la littérature puisque plusieurs auteurs ont retrouvé un lien entre le niveau intellectuel et le développement de compétences mathématiques (Geary, 2011 ; Hornung et al., 2014). L'intelligence pourrait donc être vue comme une variable médiatrice qui, affectée par l'exposition aux écrans de tablettes, influencerait négativement et secondairement les capacités mathématiques. Certaines corrélations sont pourtant maintenues même après contrôle du QI. Ainsi, la durée d'exposition à la tablette digitale semble avoir un fort impact négatif sur les performances des élèves à la comparaison de nombres arabes à un digit, au comptage « à partir de », au dénombrement, aux additions « doigts » et à la lecture de nombres à un digit.

De plus, les résultats suggèrent que les enfants qui passent le plus de temps sur tablette ont plus de difficultés que les autres à réaliser une tâche visuo-spatiale telle qu'identifier parmi quatre figure celle qui est différente des autres. Or, dans la littérature on trouve des études montrant un lien entre les habiletés visuo-spatiales et le développement des habiletés arithmétiques (Delgado & Prieto, 2004 ; Wai et al., 2009). Cela pourrait suggérer que les capacités visuo-spatiales seraient également médiatrices de l'effet de l'exposition aux écrans de tablettes sur les performances des enfants aux additions réalisées à partir de représentations de doigts.

Enfin, plusieurs auteurs ont suggéré que la mémoire de travail était nécessaire au développement des compétences mathématiques numériques précoces en maternelle (Cirino et al., 2016 ; Geary, 2011 ; Hornung et al., 2014 ; Passolunghi & Lanfranchi, 2012). Aucune corrélation significative n'est pourtant retrouvée dans cette étude entre les résultats de l'épreuve de mémoire de travail verbale et la durée d'exposition à l'écran de tablette. Les enfants de maternelle qui passent le plus de temps sur la tablette ne semblent pas avoir une mémoire de travail moins performante que les autres.

## **2. Effet délétère des écrans de tablette sur les compétences mathématiques : proposition d'explications et apports de ce mémoire sur le sujet**

Avant de discuter des effets sur les compétences mathématiques, nous pouvons noter ici que le fait de posséder une tablette personnelle influence peu le temps passé sur la tablette électronique. Des études sur la télévision ou les jeux vidéo ont retrouvé des données contraires. Par exemple, des enfants de 5 ans avec une télévision ou une console de jeux dans leur chambre verraient leur risque de l'utiliser tous les jours tripler, respectivement, plus de deux heures et plus d'une demi-heure (pour une revue, voir Desmurget, 2019). On peut imaginer ici que la tablette électronique étant facilement manipulable, il est plus aisé de réguler son temps d'utilisation.

Par ailleurs, la moitié des enfants de l'étude restent au moins une heure devant leur tablette numérique. Or le Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA) recommande de ne pas dépasser 30 à 40 minutes par jour de sessions de visionnage pour les 2-6 ans. L'OMS, pour sa part, préconise de ne pas dépasser une heure d'écran par jour pour les 2-5 ans. Les habitudes concernant la tablette électronique de la moitié des enfants inclus dans notre étude semblent donc dépasser les recommandations.

### **2.1. Confirmation des données issues de la littérature relatives à l'effet des écrans sur les apprentissages et spécificités de l'étude**

Les résultats de la présente étude suggérant un effet néfaste de l'exposition à la tablette digitale sur les performances en mathématiques d'enfants de maternelle semblent aller dans le même sens que ce qui est retrouvé dans la littérature.

En effet, des études ont mis en évidence une relation proportionnelle entre la chute des performances académiques et la durée d'exposition aux écrans et ce, quel que soit l'âge, le sexe ou le milieu d'origine (pour une revue, voir Desmurget, 2019). Plusieurs hypothèses ont été avancées dans le livre de Desmurget afin d'expliquer l'effet négatif de l'exposition à la tablette sur les capacités mathématiques. D'une part, une exposition prolongée aux écrans détériorerait la durée et la qualité du sommeil. Or la qualité et la durée du sommeil a un impact sur la réussite scolaire (Prévost, 2017 ; Rey et al., 2019). D'autre part, l'hypothèse avancée précédemment concernant le temps « volé » à des activités nécessaires à leur développement et plus adaptées que celles sur écran pour expliquer la chute de QI (pour une revue, voir Desmurget, 2019) pourrait peut être également être valable pour expliquer la baisse des performances en mathématiques. En effet, les activités autour du nombre réalisées à la maison précocement sont connues comme étant bénéfiques pour le développement des compétences mathématiques (Anders et al., 2012 ; Benavides-Varela et al., 2016 ; Lefevre et al., 2009), que ce soient des activités dites « formelles » comme par exemple le comptage, le tri d'objets, l'apprentissage du nom des chiffres ou « informelles » comme la réalisation de recettes de cuisine, les jeux de société, la lecture de l'heure, etc. (Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; Lefevre et al., 2009). Concernant les jeux de société, les jeux de plateau favoriseraient en effet le développement de compétences faisant appel au SNA (comparaison de grandeurs numériques, estimation sur ligne numérique) ou au SNE (comptage, identification numérique et résolution de problèmes d'additions), et particulièrement les jeux

de plateau linéaire (Ramani & Siegler, 2008, 2009). Passer plus de temps devant les écrans et moins de temps en famille à réaliser ces activités pourrait donc être mauvais pour le développement des compétences mathématiques.

Les études existantes qui ont été menées sur une population d'enfants concernent principalement des enfants scolarisés en école élémentaire. Par exemple, Pagani & al., (2010) ont étudié le lien entre les performances en mathématiques d'enfants de primaire et le temps qu'ils passaient devant la télévision dans leur petite enfance. L'exposition d'une heure quotidienne à 2,5 ans aurait pour effet de diminuer d'environ 40 % les résultats en mathématiques d'enfants de 10 ans. Ce mémoire apporte donc de nouvelles données concernant les effets des écrans sur une population jeune en âge pré-scolaire.

De plus, les études sur l'impact des écrans ont principalement porté sur les effets de la télévision et des jeux vidéo. Les études sur la tablette sont rares puisque cet outil digital est plus récent. Ce mémoire apporte donc des informations concernant l'impact spécifique des écrans de tablettes.

## **2.2. Implications dans le domaine orthophonique**

Les enfants passent de plus en plus de temps devant la tablette numérique, et ce, de plus en plus jeunes (pour une revue, voir Desmurget, 2019). Or, d'après les résultats de ce mémoire, plus les enfants de maternelle passent de temps devant la tablette digitale et plus leurs compétences mathématiques sont altérées. De plus, ces compétences sont dépendantes du SNA ou du SNE. Or, dans la littérature, on retrouve que les capacités numériques précoces faisant appel au SNA ou au SNE sont prédictives des capacités mathématiques futures. Ces capacités précoces favorisant le développement des compétences mathématiques seraient la comparaison de nombres et de quantités (Halberda et al., 2008 ; Hornung et al., 2014 ; Maertens et al., 2016 ; Von Aster & Shalev, 2007), le développement de la ligne numérique (Booth & Siegler, 2006 ; Schneider et al., 2009), la capacité à estimer des grandeurs (Ramani & Siegler, 2015), le niveau de comptage (Aunio & Niemivirta, 2010 ; Aunola et al., 2001, 2006 ; Hornung et al., 2014) ou encore le dénombrement (Hornung et al., 2014). Les compétences numériques précoces acquises en maternelle qui semblent altérées par l'exposition à la tablette digitale sont pourtant déterminantes pour le développement des compétences mathématiques en classe élémentaire et même pour la vie professionnelle future (Duncan et al., 2007). Ces données constituent un argument supplémentaire à la réalisation de campagnes de prévention à grande échelle pour alerter les parents des effets néfastes des écrans sur leurs jeunes enfants. Une étude longitudinale sur les effets à long terme sur les compétences mathématiques de la durée d'exposition à la tablette numérique durant la petite enfance permettrait d'appuyer davantage la nécessité d'une prévention.

Enfin, pour compléter cette étude menée sur une population d'enfants « tout-venant », il serait intéressant de la poursuivre par une étude sur une population d'enfants ayant des troubles de la cognition mathématique. La rééducation des troubles de la cognition mathématique faisant partie du champ de compétence des orthophonistes, des informations à ce sujet seraient utiles pour la clinique. La dyscalculie est, en effet, un trouble développemental de la perception des nombres dû à une désorganisation neuronale (Dehaene, Molko, Cohen, & Wilson, 2004). Les enfants dyscalculiques ont des difficultés à se représenter le sens des nombres et à acquérir certaines compétences précoces comme par exemple la chaîne numérique verbale (i.e. Von Aster, 2000). Il serait intéressant d'observer si

des difficultés plus importantes dans ces compétences apparaîtraient chez des enfants qui seraient plus exposés que les autres à des écrans digitaux.

### **3. Limites de l'étude et pistes pour la suite de la recherche**

Plusieurs facteurs ont pu biaiser les résultats de cette étude et sont à prendre en compte pour leur interprétation.

#### **3.1. Limites relatives au matériel**

##### **3.1.1. Biais liés au questionnaire**

Les propositions de réponses disponibles dans le questionnaire pour « Combien de temps estimez-vous que votre enfant passe sur une tablette tactile ? » peuvent porter à confusion. En effet, la différence est subtile entre les réponses « plus de 2 heures par utilisation » et « au moins 2 heures ». Les propositions de réponse étant ordonnées de manière décroissante, il est cependant probable que les parents aient déduit que l'une des réponses était plus forte que l'autre.

De plus, plusieurs biais liés à l'utilisation d'un questionnaire peuvent influencer les résultats de l'étude et ont été identifiés dans la littérature. Maud Herbert en recense plusieurs au sein de thèse, soutenue en 2005. Par exemple, il peut tout d'abord y avoir un biais de désirabilité sociale : les parents, en répondant au questionnaire, peuvent sous-estimer le temps que leur enfant passe devant une tablette pour se rapprocher de ce qui paraît socialement plus acceptable. De plus, le simple fait de participer consciemment à une étude peut avoir un effet psychologique influençant le comportement du répondant à un questionnaire, c'est l'effet Hawthorne. L'envie des répondants de comprendre les hypothèses de l'étude peut également biaiser leurs réponses (Herbert, 2005).

Enfin, le questionnaire ne permet pas d'avoir des informations précises sur le temps que l'enfant passe devant la télévision ou l'ordinateur. Or, ce n'est pas parce qu'un enfant est très peu exposé à la tablette digitale qu'il n'est pas un joueur assidu de jeux vidéo ou qu'il n'est pas devant la télévision plusieurs heures par jour. Les habitudes liées aux écrans des enfants de la population, hors tablette, ont alors pu influencer les résultats.

##### **3.1.2. Biais liés aux épreuves proposées**

Certaines épreuves n'étaient pas exactement adaptées au niveau des enfants de la population. Les épreuves de comptage arrière, d'additions de nombres arabes et de comparaison de nombres arabes à deux digits ont semblé trop compliquées pour l'ensemble de la population. Les résultats étant bas pour tous les enfants, cela n'a pas permis de dégager un lien entre l'exposition à l'écran de tablette digitale et la chute des résultats. Au contraire, les épreuves de lignes numériques à un digit et de comparaison non symbolique étaient probablement trop simples et il est possible qu'un plafonnement des scores ait également empêché d'analyser un lien avec la durée d'exposition à la tablette.

Par ailleurs, certaines épreuves souffraient d'un faible nombre d'items qui rend les analyses moins fiables. Par exemple, l'épreuve de dénombrement « HMT » était notée sur

trois, alors que les épreuves d'additions et de mémoire de travail verbale étaient notées chacune sur six.

### **3.2. Limites relatives à la population d'étude**

La population était déséquilibrée au niveau de la classe des enfants, avec un nombre d'enfants de MSM inférieur de moitié au nombre de GSM. La comparaison des résultats en fonction de la classe aurait été meilleure si le nombre d'enfants par classe était équivalent. De plus, l'analyse par classe s'est effectuée avec des effectifs inférieurs à 100, ce qui est moins fiable que les analyses réalisées sur la population totale comprenant 101 enfants.

Par ailleurs, un groupe témoin qui n'utiliserait jamais la tablette tactile aurait permis d'analyser plus finement l'effet de l'exposition à la tablette numérique sur les résultats aux épreuves proposées. Cependant, le nombre d'enfants qui avaient répondu ne pas utiliser la tablette tactile était trop faible pour être exploité.

### **3.3. Pistes de futures recherches**

Ce mémoire a pris en compte la variable de la durée d'exposition à la tablette, en considérant l'exposition à l'écran de tablette. Il serait intéressant de tenir compte du type d'activités réalisées par l'enfant sur cet outil électronique. Une étudiante ayant fait partie du projet Kids e-Stim a étudié, pour son mémoire, le lien entre la fréquence ainsi que la durée d'utilisation de la tablette et les résultats aux épreuves du pré-test en fonction du type de jeux auquel joue l'enfant sur la tablette. Selon que les enfants jouaient ou ne jouaient pas à certains types de jeux sur leur écran (jeux d'action/aventure, jeux éducatifs, jeux de cartes et de société), l'exposition paraissait avoir un impact différent sur les compétences testées. Par exemple, pour les enfants qui ne jouaient pas aux jeux éducatifs, une utilisation prolongée de la tablette semblait être délétère pour les épreuves de comparaison, de comptage, de dénombrement, d'additions verbales. Au contraire, pour les enfants qui jouaient à des jeux d'action et d'aventure, plus ils étaient longtemps et souvent sur la tablette et plus ils étaient performants à l'épreuve de ligne numérique (Vasseur, 2019). Approfondir cet aspect semble donc pertinent.

Le lien entre la possession d'une tablette tactile personnelle et la durée d'exposition à la tablette, ainsi que le lien entre la possession et les compétences en mathématiques pourraient être étudiés de manière approfondie. D'autre part, une étude longitudinale permettrait d'étudier les effets à long terme sur les compétences mathématiques d'une exposition importante aux écrans de tablette chez les jeunes enfants.

L'étude pourrait également être reconduite sur un nombre plus grand d'enfants et prendre en compte le niveau socio-économique des familles. En effet, les enfants de milieux défavorisés passeraient deux fois plus de temps sur les écrans que ceux de milieux favorisés (pour une revue, voir Desmurget, 2019). De plus, les enfants issus de milieux plus aisés feraient plus d'activités favorables au développement des compétences mathématiques comme les jeux de société, etc. alors que les enfants de familles de NSE plus faible s'occuperaient plus avec des jeux vidéos (Ramani & Siegler, 2009). Ces mêmes enfants auraient un retard par rapport aux autres enfants dans les connaissances mathématiques en rentrant à l'école (Griffin, 2002 ; Jordan, Kaplan, Locuniak, & Ramineni, 2007 ; Siegler, 2009) de 7 à 8 mois (Starkey, Klein, & Wakeley, 2004), et particulièrement dans des tâches de comptage, d'addition, de soustraction et de comparaison de grandeurs (Jordan, Levine, & Huttenlocher, 1994 ; Jordan, Kaplan, Nabors Oláh, & Locuniak, 2006). Enfin, le niveau socio-

économique jouerait également sur le soutien apporté par la famille dans les apprentissages mathématiques en faveur des milieux aisés (Clements & Sarama, 2007). Pouvoir comparer l'effet des écrans de tablette sur les capacités mathématiques sur deux populations d'enfants de maternelle, l'une au NSE élevé et l'autre au NSE faible permettrait de mieux cibler les actions de prévention. Enfin, la question d'une majoration des troubles de la cognition mathématique chez les enfants dyscalculiques par une exposition prolongée aux écrans dans l'enfance se pose et pourrait faire l'objet d'une étude.

## Conclusion

Plusieurs études ont retrouvé des effets néfastes de la télévision et des jeux vidéo sur des populations d'enfants. Ces effets ont été constatés à plusieurs niveaux, notamment sur l'attention, l'intelligence, le langage, les apprentissages. Peu d'études ont porté sur les effets de la tablette digitale, outil numérique plus récent. Encore moins d'études ont cherché à déterminer si l'exposition à la tablette pouvait avoir des répercussions sur les performances mathématiques de jeunes enfants. Ce mémoire a étudié le lien entre la durée d'exposition d'enfants de maternelle à la tablette digitale et leurs résultats à des épreuves mathématiques. La population était composée d'élèves en classe de MSM et de GSM, 101 enfants ont été inclus dans l'étude. Les informations sur la durée d'exposition ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire parental, dans lequel les parents devaient estimer, en choisissant parmi quatre réponses, le temps que leur enfant passait devant la tablette à chaque utilisation. La passation des épreuves s'est faite au sein des écoles des enfants sur une période de trois semaines. Chaque passation, individuelle, a duré entre 40 et 60 minutes. Les épreuves testaient des compétences générales (QI, mémoire de travail et aptitudes visuo-spatiales) et des compétences mathématiques impliquant le système numérique approximatif ou le système numérique exact. Les résultats semblent révéler un effet délétère de la tablette tactile sur le QI, les aptitudes visuo-spatiales et plusieurs compétences mathématiques impliquant le SNA ou le SNE. La comparaison de nombres arabes, l'estimation (placement d'un nombre arabe sur une ligne numérique non graduée), le comptage, le dénombrement, la lecture à voix haute de nombres arabes et la réalisation d'additions de doigts paraissent altérés. Bien que le QI soit lié fortement aux résultats aux épreuves, l'impact négatif de la tablette est maintenu après contrôle du QI pour la comparaison de nombres arabes à un digit, le comptage « à partir de », le dénombrement, les additions « doigts » et à la lecture de nombres à un digit. Ces capacités semblent donc fortement altérées par l'utilisation prolongée de la tablette digitale. Sachant que les capacités altérées par l'exposition prolongées à la tablette font partie des capacités nécessaires au développement des compétences mathématiques en primaire et prédictives de la réussite future, il apparaît nécessaire de réaliser plus d'actions de prévention auprès des parents sur les risques liés à l'utilisation non maîtrisée des écrans chez les enfants d'âge préscolaire. Il existe des disparités dans le type d'épreuves impactées par le temps passé sur la tablette lorsque l'on compare les MSM et les GSM. Cela peut être lié à la différence de taille d'effectif selon la classe mais aussi à la difficulté des épreuves, plus ou moins faciles selon si l'enfant se trouve en MSM ou en GSM. Enfin, pour faire avancer la recherche sur le sujet, une étude similaire prenant en compte le niveau socio-économique des familles pourrait être réalisée.

## Bibliographie

- Anders, Y., Rossbach, H. G., Weinert, S., Ebert, S., Kuger, S., Lehl, S., & von Maurice, J. (2012). Home and preschool learning environments and their relations to the development of early numeracy skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(2), 231-244.
- Aunio, P., & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and Individual Differences*, 20, 427-435.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M-K., & Nurmi, J.-E. (2001). Developmental Dynamics of Math Performance From Preschool to Grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96(4), 699-713.
- Benavides-Varela, S., Butterworth, B., Burgio, F., Arcara, G., Lucangeli, D., & Semenza, C. (2016). Numerical Activities and Information Learned at Home Link to the Exact Numeracy Skills in 5–6 Years-Old Children. *Frontiers in Psychology*, 7, 94.
- 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 and 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.
- Borzekowski D.L.G., Robinson T.N. (2005). The Remote, the Mouse, and the No. 2 Pencil: The Household Media Environment and Academic Achievement Among Third Grade Students. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 159(7), 607–613.
- Briars, D., & Siegler, R. S. (1984). A featural analysis of preschoolers' counting knowledge. *Developmental Psychology*, 20(4), 607.
- Carey, S. (2004). Bootstrapping & the origin of concepts. *Daedalus*, 133, 59-68.
- Cirino, P. T., Tolar, T. D., Fuschs, L. S., & Huston-Warren, E. (2016). Cognitive and numerosity predictors of mathematical skills in middle school. *Journal of Experimental Child Psychology*, 145, 95-119.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). Effects of a Preschool Mathematics Curriculum : Summative Research on the Building Blocks Project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 136-163.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2008). Experimental evaluation of the effects of a research-based preschool mathematics curriculum. *American Educational Research Journal*, 45(2), 443–494.
- Cornu, V., Schiltz, C., Pazouki, T., & Martin, R. (2017). Training Early Visuo-Spatial Abilities : A Controlled Classroom-Based Intervention Study. *Applied Developmental Science*, 23(1), 1-21.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of Numerical Abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42.
- Dehaene, S. & Cohen, L. (2000). Calculating without reading : unsuspected residual abilities in pure alexia, *Cognitive Neuropsychology*, 17(6), 563-583.

- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L. & Wilson, A. J. (2004). Arithmetic and the Brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(2), 218-24.
- Delgado, A. R., & Prieto, G. (2004). Cognitive mediators and sex-related differences in mathematics. *Intelligence*, 32(1), 25–32.
- De Smedt, B., Verschaffel, L. & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of experimental child psychology*, 103(4), 469-79.
- Desmurget, M. (2019). *La fabrique du crétin digital*. Editions du Seuil. Paris, France.
- Duncan, G., Dowsett, C., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A., Klebanov, P., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446.
- Fayol, M., & Thevenot, C.. (2012). The Use of Procedural Knowledge in Simple Addition and Subtraction Problems. *Cognition*, 123(3), 392-403.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E.S. (2004). Core systems of number. *Trends in cognitive sciences*, 8(7), 307–14.
- Fuson, K., Richards, J., & Briars, D. (1982). The acquisition and Elaboration of the Number Word Sequence. Brainerd, C. J. (Ed.) *Children's Logical and Mathematical Cognition* (pp. 33-92). New York, NY : Springer Series in Cognitive Development.
- Geary, D. C., Bow-Thomas, C. C., & Yao, Y. (1992). Counting knowledge and skill in cognitive addition : A comparison of normal and mathematically disabled children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54(3), 372-391.
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics : a 5-year longitudinal study. *Developmental psychology*, 47(6), 1539.
- Griffin, S. (2002). The development of math competence in the preschool and early school years : Cognitive foundations and instructional strategies. Royer, J. M. (Ed.) *Mathematical cognition* (pp. 1-32). University of Massachusetts.
- Halberda, J., Mazocco, M. & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455, 665–668.
- Herbert, M. (2005). *Comportement de réponse de l'individu en situation de questionnement : le biais du répondant en comportement du consommateur* [Thèse de doctorat en Sciences de gestion, Paris 9]. <https://bu.dauphine.psl.eu/fileviewer/view.php?doc=2005PA090024&target=internet>.
- Honoré, N., & Noël, M. P. (2016). Improving preschooler's arithmetic through number magnitude training : the impact of non-symbolic and symbolic training. *PLOS ONE*, 11(11).
- Hornung, C., Schiltz, C., Brunner, M., & Martin, R. (2014). Predicting first-grade mathematics achievement : The contributions of domain-general cognitive abilities, nonverbal number sense, and early number competence. *Frontiers in Psychology*, 5, 1–18.
- Hyde, D.C., Khanum, S, & Spelke, E.S. (2014). Brief non-symbolic, approximate number practice enhances subsequent exact symbolic arithmetic in children. *Cognition*, 131(1), 92–107.

- IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for for Macintosh, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(25), 10382-10385.
- Jordan, N.C., Levine, S. C., & Huttenlocher, J. (1994). Development of calculation abilities in middle- and low-income children after formal instruction in school. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *15*(2), 223-240.
- Jordan, N.C., Kaplan, D., Nabors Oláh, L. & Locuniak, M.N. (2006), Number Sense Growth in Kindergarten : A Longitudinal Investigation of Children at Risk for Mathematics Difficulties. *Child Development*, *77*, 153-175.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, *22*(1), 36-46.
- Jordan, N., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. (2009). Early math matters : Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, *45*, 850-867.
- Klibanoff, R. S., Levine, S. C., Huttenlocher, J., Vasilyeva, M. & Hedges, L.V. (2006). Preschool children's mathematical knowledge : The effect of teacher « math talk ». *Developmental Psychology*, *42*(1), 59–69.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of experimental child psychology*, *103*(4) : 516-31.
- Le Corre, M., & Carey, S. (2007). One, Two, Three, Four, Nothing More: An Investigation of the Conceptual Sources of the Verbal Counting Principles. *Cognition*, *105*(2), 395-438.
- Lefevre, J-A., Skwarchuk, S-L., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Kamawar, D., & Bisanz, J.. (2009). Home Numeracy Experiences and Children’s Math Performance in the Early School Years. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement*, *41*(2), 55-66.
- Maertens, B., De Smedt, B., Sasanguie, D., Elen, J., & Reynvoet, B. (2016). Enhancing arithmetic in pre-schoolers with comparison or number line estimation training : Does it matter? *Learning and Instruction*, *46*, 1–11.
- Mazzocco, M.M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child development*, *82*(4), 1224-123.
- Melhuish, E., Sylva, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., Taggart, B., Phan, M., & Malin, A. (2008). Preschool influences on mathematis achievement. *Science*, *321*(5893), 1161-1162.
- Obersteiner, A., Reiss, K., & Ufer, S. (2013). How Training on Exact or Approximate Mental Representations of Number Can Enhance First-Grade Students’ Basic Number Processing and Arithmetic Skills. *Learning and Instruction*, *23*, 125-35.

- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). *Connectés pour apprendre ? Les élèves et les nouvelles technologies (principaux résultats)*. 2015. oecd.org.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). *Le message de l'OMS au jeune enfant : pour grandir en bonne santé, ne pas trop rester assis et jouer davantage. Nouvelles lignes directrices de l'OMS sur l'activité physique, les comportements sédentaires et le sommeil de l'enfant de moins de cinq ans*. 24 avril 2019. Communiqué de presse, Genève.
- Ophir, E., Nass, C. & Wagner, A. (2009). Cognitive control in media multitaskers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(37), 15583-15587.
- Pagani, L., Fitzpatrick, C., Barnett, T. & Dubow, E. (2010). Prospective Associations Between Early Childhood Television Exposure and Academic, Psychosocial, and Physical Well-being by Middle Childhood. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 164(5), 425-31.
- Parsons, J. E., Adler, T. F., & Kaczala, C. M. (1982). Socialization of Achievement Attitudes and Beliefs : Parental Influences. *Child Development*, 53(2), 310-321.
- Passolunghi, M. C., & Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: a longitudinal study from kindergarten to first grade. *The British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 42-63.
- Prévost, L. (2017). Un meilleur sommeil améliore la performance scolaire. *L'Inhalo*, 34(2), 11-12.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing number board games. *Child Development*, 79(2), 375-394.
- Ramani, G., & 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. B., & Siegler, R. S. (2015). How informal learning activities can promote children's numerical knowledge. Cohen Kadosh & A. Dowker (Eds.) *Oxford handbook of numerical cognition* (pp. 1135–1153). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Ramdass, D., & Zimmerman, B. J. (2011). Developing Self-Regulation Skills : The Important Role of Homework. *Journal of Advanced Academics*, 22(2), 194-218.
- Räsänen, P., Salminen, J., Wilson, A. J., Aunio, P., & Dehaene, S. (2009). Computer-Assisted Intervention for Children with Low Numeracy Skills. *Cognitive Development*, 24(4), 450-72.
- Rey, A., Guignard-Perret, A., Imler-Weber, F., Mazza, S. (2019). Effet d'un programme d'éducation au sommeil à l'école sur les performances académiques des enfants et les connaissances des parents. *Médecine du sommeil*, 16(1), 36.
- Reynvoet, B. & Sasanguie, D. (2016). The Symbol Grounding Problem Revisited : A Thorough Evaluation of the ANS Mapping Account and the Proposal of an Alternative Account Based on Symbol–Symbol Associations. *Frontiers in Psychology*, 7, 1581.

- Sasanguie, D., De Smedt, B., Defever, E., & Reynvoet, B. (2012). Association between basic numerical abilities and mathematics achievement. *British Journal of Developmental Psychology*, 30(2), 344-357.
- Schneider, M., Grabner, R. H., & Paetsch, J. (2009). Mental number line, number line estimation, and mathematical achievement : Their interrelations in grades 5 and 6. *Journal of Educational Psychology*, 101(2), 359-372.
- Sella, F., Tressoldi, P., Lucangeli, D., & Zorzi, M.. (2016). Training Numerical Skills with the Adaptive Videogame “The Number Race”: A Randomized Controlled Trial on Preschoolers. *Trends in Neuroscience and Education*, 5(1), 20-29.
- Siegler, R. S. (2009). Improving the numerical understanding of children from low-income families. *Child Development Perspectives*, 3(2), 118-124.
- Starkey, P., & Cooper, R. G. Jr. (1980). Perception of Numbers by Human Infants. *Science*, 210(4473), 1033-1035.
- 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.
- Starr, A., Libertus, M. & Brannon, E. (2013). Number sense in infancy predicts mathematical abilities in childhood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(45), 18116-18120.
- Thevenot, C. & Fayol, M. (2018). Les activités numériques : Des premières intuitions à la résolution de problèmes. *Dessiner, lire, écrire, calculer : un regard neuf* (pp. 245–315). Paris: Editions in press.
- Van Nieuwenhoven, C. (1996). Le comptage et la cardinalité, deux apprentissages de longue haleine qui évoluent en interaction, *Revue des sciences de l’éducation*, 22(2), 295.
- Vasseur, O. (2019). *Habitudes de jeu (numérique) et compétences mathématiques* [Mémoire en vue de l’obtention du certificat d’orthophonie, Université de Lille].
- Von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation : varieties of developmental dyscalculia. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9, S41-S57.
- Von Aster, M., & Shalev, R. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49(11), 868–873.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains : Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835.
- Weis, R., & Cerankosky, B. (2010). Effects of video-game ownership on young boy’s academic and behavioral functioning : A Randomized, Controlled Study. *Psychological science*, 21(4), 463-70.
- 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.

- Wynn, K. (1992a). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358(6389), 749-50.
- Wynn, K. (1992b). Children's Acquisition of Number Words and the Counting System. *Cognitive Psychology*, 24(2), 220-251.
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74(1), B1–B11.

Campagne 3-6-9-12 (2016-2018). Serge Tisseron. <https://www.3-6-9-12.org/>. Consulté le 10 mars 2020.

Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA). Les enfants et les écrans : les conseils du CSA <https://www.csa.fr/Protger/Protection-de-la-jeunesse-et-des-mineurs/Les-enfants-et-les-ecrans-les-conseils-du-CSA>. Consulté le 26 avril 2020.