



*Département d'Orthophonie  
Gabriel DECROIX*

# **MEMOIRE**

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

**Aude MONTIGNY**

soutenu publiquement en juin 2018 :

## **Comparaison des effets du numérique et des jeux de société sur les acquisitions mathématiques précoces**

MEMOIRE dirigé par :

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

Lille – 2018

## **Remerciements**

J'adresse mes remerciements à toute l'équipe ayant participé à la réalisation de ce mémoire et, tout particulièrement, à notre promoteur Madame Sandrine Mejias, qui, par son investissement et sa disponibilité, a rendu ce projet possible. Je les adresse également aux autres étudiantes de cinquième année avec lesquelles j'ai pu réaliser la partie pratique de l'étude (Chloé Bourdon, Camille Doucet, Hélène Lemaire, Mélodie Vincent et Virginie Walle), aux enseignants ayant accepté de nous accueillir au sein de leur classe ainsi qu'aux enfants ayant participé, et aux organismes qui nous ont accompagnées (SCALAB et ESPE). Je remercie aussi les membres du jury pour le temps qu'ils ont consacré à la lecture et à l'évaluation de ce dossier.

Je remercie particulièrement mes parents et mes proches qui m'ont accompagnée et soutenue tout au long de ces études. Ils ont su me conseiller et me guider à chaque étape de ma formation.

## **Résumé :**

De nombreuses études montrent que les jeux mathématiques, qu'ils soient informatiques ou de société, ont un impact sur le développement des compétences mathématiques précoces. Notre recherche a pour but de comparer les effets de ces deux supports (informatique ou jeux de société) sur le développement des mathématiques. Notre étude porte sur 169 enfants tout-venants scolarisés en classe de moyenne ou grande section de maternelle. Nous avons d'abord transmis un questionnaire parental afin de connaître les habitudes de jeu des participants, puis l'étude s'est déroulée selon l'organisation suivante : pré-test, entraînement, post-test (un test de contrôle aura lieu à la rentrée de septembre 2018). Les enfants ont intégré un programme d'entraînement mathématique, soit sur iPad avec le logiciel MaGrid, soit par l'intermédiaire de jeux de société, à raison de 2 séances par semaine pendant 8 semaines. Les résultats au pré-test et au post-test feront l'objet d'une analyse statistique dans des mémoires futurs. Nous proposons ici une analyse des résultats obtenus au questionnaire ainsi qu'une analyse des résultats obtenus dans des études similaires. Cela permet d'apporter des éléments de réponse prédictifs aux hypothèses avancées. Cette étude s'inscrit au cœur des interrogations actuelles concernant l'enseignement et la prise en charge orthophonique des mathématiques. Les éléments apportés sont des bases solides pour les analyses futures.

## **Mots-clés :**

Développement de l'enfant, informatique, jeux de société, mathématiques.

## **Abstract :**

Numerous studies have shown that mathematical games, whether computer or board games, have an impact on the development of early mathematical skills. Our research aim is to compare the effects of these two supports (computer or board games) on the development of mathematics. Therefore we worked with 169 children from kindergarten. First of all, we sent out a parental questionnaire to find out about participants' gambling habits, then the study was organised as follows : pre-test, training, post-test (a control test will take place in September 2018). The children were trained either on iPad with the MaGrid software or with board games, 2 sessions per week during 8 weeks. Since the pre-test and post-test results are statistically analyzed in future reports. We propose an analysis of the results obtained in the questionnaire and an analysis of the results obtained in similar studies. It provides predictive answers to our hypotheses. This study is at the core of current questions concerning the teaching of mathematics. The results provided are solid bases for future analyses.

## **Keywords :**

Child development, computers, board games, mathematics.

# Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Contexte théorique, buts et hypothèses .....</b>	<b>2</b>
1. L'environnement, élément-clé du développement des mathématiques .....	2
1.1. Une sensibilisation au sens du nombre dès le plus jeune âge .....	2
1.2. L'influence de la manipulation du nombre .....	3
1.3. Le rôle des parents .....	4
2. Les gnosies digitales, un support à portée de main .....	5
2.1. Lien entre les gnosies digitales et les compétences mathématiques .....	5
2.2. Impact de la stimulation des gnosies digitales sur les acquisitions mathématiques .....	5
3. Les jeux de plateau .....	6
4. L'électronique, un support en développement .....	7
5. Hypothèses et buts .....	8
5.1. L'environnement familial et l'exposition aux nombres .....	8
5.2. L'importance des gnosies digitales dans le développement des mathématiques .....	9
5.3. Les effets des supports informatiques sur l'arithmétique .....	9
<b>Méthode .....</b>	<b>9</b>
<b>Résultats .....</b>	<b>14</b>
<b>Discussion .....</b>	<b>23</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>28</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>29</b>
<b>Liste des annexes .....</b>	<b>32</b>
Annexe n°1 : Lettre d'information .....	A1
Annexe n°2 : Questionnaire parental .....	A4
Annexe n°3 : Consentement .....	A7

# Introduction

Les connaissances mathématiques présentes en maternelle sont prédictrices des scores aux tests mathématiques à l'école primaire et même au cours des années suivantes (Duncan et al., 2007 ; Jordan et al., 2009). Trois éléments principaux sont à l'origine des différences individuelles à l'entrée à l'école maternelle : les facteurs cognitifs généraux tels que l'intelligence et la mémoire de travail, les facteurs cognitifs en lien avec le domaine numérique et les facteurs contextuels tels que le milieu socio-économique et éducatif.

Le milieu socio-économique apparaît donc comme un facteur-clé du développement des capacités numériques de l'enfant. Ramani et Siegler (2008) déclarent que les enfants de maternelle issus de milieu défavorisé entrent à l'école avec environ 7 mois de décalage par rapport à leurs pairs issus de milieux plus aisés. Les auteurs apportent un élément d'explication de cette différence dans leur étude en affirmant que les enfants issus de milieux favorisés jouent plus souvent à des jeux de plateau que les enfants issus de milieux moins favorisés. Ainsi, selon cette étude, les jeux de plateau permettent aux enfants de développer certaines notions mathématiques. Il semble que d'autres supports favorisent également les acquisitions numériques. Effectivement, De Smedt et ses collaborateurs (2013) ont découvert que les jeux de société et les jeux informatiques peuvent être utilisés afin de favoriser efficacement les représentations de grandeur numérique chez l'enfant. Wilson et ses collaborateurs (2009) ont également démontré dans leur étude que les jeux informatiques engendrent une amélioration de certaines compétences numériques.

Quels sont donc les bénéfices apportés par ces supports ? Aujourd'hui, aucune étude ne compare les effets des jeux de plateau et des activités informatiques. Or, savoir quel support est le plus adapté pour travailler des compétences mathématiques données aurait un véritable impact sur l'enseignement des mathématiques à l'école, sur la prévention des troubles des apprentissages mathématiques et sur la prise en charge orthophonique, qui pourrait ainsi s'adapter au mieux aux besoins de l'enfant.

La présente étude se situe dans la continuité de celle réalisée par Cornu et ses collaborateurs (2018). Elle a pour objectif de comparer les effets du support informatique et des jeux de société sur les compétences mathématiques précoces. L'équipe ayant réalisé la partie pratique était constituée de six étudiantes en cinquième année d'étude en orthophonie (intervenant dans le cadre de leur mémoire de fin d'étude) et de trois étudiantes en quatrième année d'étude en orthophonie (intervenant dans le cadre de leur stage recherche). Nous avons entraîné 169 enfants de moyenne et grande section de maternelle (de 3 ; 1 ans à 7 ; 2 ans) à différentes activités. Chaque enfant a bénéficié d'un entraînement sur support informatique ou sur support de jeux de société. Un troisième type d'entraînement a également été proposé, il concerne les entraînements aux compétences visuo-spatiales, mais celui-ci fait l'objet d'une autre recherche et ne sera pas détaillé ici.

Ce mémoire présentera dans un premier temps l'état de la littérature scientifique sur ce sujet, puis nous développerons la méthodologie employée dans ce projet. L'étude étant toujours en cours, les résultats proposés seront préliminaires. Ils seront constitués d'une analyse globale des réponses obtenues aux questionnaires parentaux ainsi que d'une approche plus ciblée des résultats obtenus dans des études similaires à la nôtre (afin de détailler les résultats attendus dans notre étude). Nous terminerons par une discussion autour des éléments importants.

# Contexte théorique, buts et hypothèses

Cette partie détaille les données contenues dans la littérature à propos des effets de l'environnement, des gnoses digitales, des jeux de société et de l'informatique sur le développement des compétences numériques.

## 1. L'environnement, élément-clé du développement des mathématiques

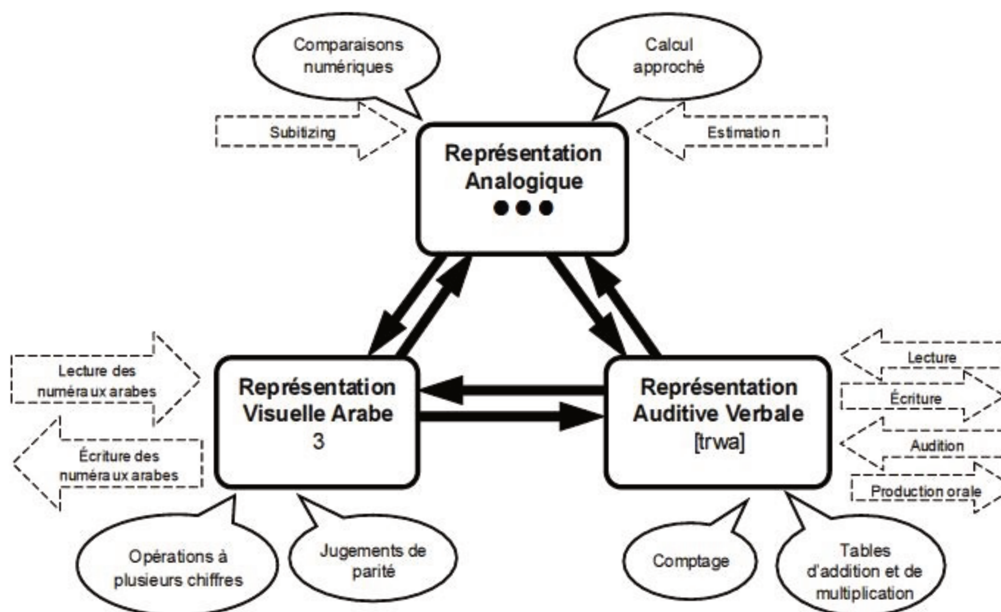
L'impact de l'environnement et l'importance de la manipulation précoce du nombre ont souvent été mentionnés dans la littérature comme nous le verrons ci-après. En effet, il apparaît que ces deux variables jouent un rôle essentiel dans le bon développement des compétences mathématiques de l'enfant.

### 1.1. Une sensibilisation au sens du nombre dès le plus jeune âge

Des capacités numériques sont présentes très tôt chez le jeune enfant. Certaines de ces capacités semblent se développer spontanément (e.g., comparaison de quantités), comme l'ont montré Izard et ses collègues (2009), alors que d'autres nécessitent un apprentissage (e.g., comptage ou arithmétique ; Fuson, Richards, & Briars, 1982). L'appréhension des numérosités peut être abordée de deux manières : selon l'angle des représentations symboliques (nombres arabes, nombres verbaux oraux et nombres verbaux écrits), nécessitant un apprentissage explicite, ou selon celui des représentations non-symboliques (appréhension de quantités d'éléments physiques) qui sont présentes chez le très jeune enfant et chez l'animal (Rugani, Regolin, & Vallortigara, 2007 ; Flombaum, Junge, & Hauser, 2005 ; Xu, Spelke, & Goddard, 2005 ; Izard et al., 2009).

Honoré et Noël (2016) ont réalisé une étude dans laquelle des enfants de maternelle (moyenne d'âge : 5 ans 9 mois) ont reçu un entraînement symbolique ou un entraînement non symbolique. L'entraînement symbolique était constitué d'une tâche de comparaison de nombres arabes et d'une autre tâche consistant à placer des nombres arabes sur une ligne (avec des numérosités allant de 1 à 9 ou de 10 à 19 selon les degrés de difficulté). L'entraînement non symbolique était constitué d'une tâche de comparaison de quantités de points et d'une estimation de l'emplacement de la quantité de points sur une ligne. Les enfants qui ont reçu 10 séances d'entraînement non symbolique ont amélioré leurs compétences à la tâche de comparaison de collections ainsi qu'à celle de positionnement de numérosités non symboliques sur une ligne numérique. De la même manière, les enfants qui ont reçu 10 séances d'entraînement symbolique ont amélioré leurs compétences à la tâche de positionnement de nombres arabes sur une ligne numérique. L'entraînement symbolique a permis des progrès dans le domaine non symbolique mais l'inverse n'est pas vrai. Ces résultats sont congruents avec l'hypothèse de « dual-representation view », c'est-à-dire que les nombres symboliques activent une représentation exacte alors que les numérosités non-symboliques activent le système numérique approximatif (à l'opposé de la « unique-representation view » selon laquelle le système numérique approximatif constitue la base des compétences numériques et arithmétiques ; Bugden et al., 2016 ; Feigenson et al., 2013). Les

représentations symboliques et non-symboliques activent donc des représentations distinctes mais connectées, ainsi que l'indique le modèle du triple code de Dehaene (1992). Dans la Figure 1, les représentations symboliques correspondent aux représentations visuelles arabes et auditivo-verbales et les représentations non-symboliques correspondent à la représentation analogique.



**Figure 1.** Schéma du modèle du triple code de Dehaene (1992).

Par ailleurs, les représentations exactes et approximatives chez le jeune enfant semblent être prédictrices des performances scolaires en mathématique à long terme (Mazzocco et al., 2011 ; Passolunghi, Vercelloni, & Schadee, 2007). Elles apparaissent donc comme étant intéressantes à travailler pour développer le sens du nombre. Nous allons développer cette idée dans les paragraphes suivants.

## 1.2. L'influence de la manipulation du nombre

Jordan et ses collègues (2008) ont réalisé une étude portant sur l'influence de la variété des stimuli numériques proposés aux tout-petits. Ces auteurs ont constitué trois groupes de 16 nourrissons de 6 mois et un entraînement spécifique a été attribué à chacun (stimulation numérique visuelle et auditive, stimulation numérique visuelle uniquement, stimulation numérique visuelle associée à une stimulation non numérique auditive). Chaque groupe était divisé en deux sous-groupes, ainsi certains enfants recevaient une stimulation autour de la numérosité 8 alors que les autres en recevaient une autour de la numérosité 12. Une vidéo mettant en scène une balle effectuant 8 ou 12 rebonds était présentée aux enfants selon leur sous-groupe. Pour ceux recevant les stimulations numériques auditives et visuelles, un bruit était associé aux rebonds effectués par la balle, alors que le groupe ne recevant que la stimulation visuelle n'était exposé qu'à la vidéo et non aux bruits. Le dernier groupe bénéficiait de la stimulation visuelle associée à une stimulation non numérique auditive (une musique classique sans lien avec la vidéo). Les auteurs ont ainsi pu démontrer que la multimodalité et la redondance des stimuli numériques développent une sensibilité chez

l'enfant lui permettant de construire une représentation numérique plus précise. Ainsi l'environnement dans lequel évolue l'enfant peut permettre de stimuler l'acquisition des compétences numériques, ou, au contraire, offrir un cadre moins porteur.

Afin de mettre en place cette multimodalité et cette redondance des stimuli numériques, deux types d'entraînements peuvent être réalisés à la maison : les activités directes et les activités indirectes (LeFevre et al., 2009). Les activités directes sont liées à une approche explicite du nombre et permettent de développer les compétences quantitatives (e.g., apprentissage de la chaîne numérique grâce à la répétition, effectuer des petits calculs du quotidien). À l'inverse, les activités indirectes, telles que cuisiner, jouer aux cartes ou jouer à des jeux de société, développent les capacités numériques de façon implicite. Ces deux types d'activités offrent donc une approche multimodale de la représentation numérique et sont ainsi importantes à mettre en place.

De plus, des études ont montré qu'il existe une corrélation positive entre la fréquence de réalisation d'activités mathématiques par l'enfant et les scores que celui-ci obtient à des tests normalisés évaluant les capacités mathématiques précoces. Blevins-Knabe et Musun-Miller (1996) ont interrogé 61 parents sur leur propre vision des mathématiques mais aussi sur les habitudes de leurs enfants, les activités numériques qu'ils réalisent à la maison et à quelle fréquence. En parallèle, les 49 enfants de cette étude (scolarisés en maternelle) ont été évalués en mathématiques avec un test standardisé. Les auteurs ont ainsi pu montrer que les enfants réalisant le plus d'activités numériques à la maison ont obtenu les meilleurs résultats au test.

Ainsi, plus l'enfant est confronté tôt et régulièrement à des notions mathématiques, plus il sera performant dans ce domaine. Dans leur étude, Ramani et Siegler (2011) se sont également intéressés aux enfants scolarisés en maternelle et ont interrogé leurs familles (issues de milieux socioculturels favorisés et défavorisés) sur les types d'activités réalisées à la maison. Ils ont découvert que les enfants issus de milieux socio-économiques favorisés réalisent plus d'activités telles que les jeux de plateau que les enfants issus de milieux socio-économiques défavorisés qui, eux, jouent plutôt à des jeux vidéos. Ces résultats sont en corrélation avec le niveau de ces enfants en mathématiques. En effet, les enfants issus d'un milieu favorisé ont de meilleures capacités numériques que les enfants issus d'un milieu moins favorisé (environ 7 mois de d'écart).

La fréquence de réalisation d'activités numériques directes et indirectes a donc un impact majeur sur la mise en place de compétences numériques chez le jeune enfant.

### **1.3. Le rôle des parents**

Les expériences vécues par l'enfant à la maison constituent donc la fondation des apprentissages mathématiques à l'école. Dans la même étude que celle décrite précédemment, Blevins-Knabe et Musun-Miller (1996) ont indiqué que les enfants décrits comme manipulant le mieux les quantités et les nombres sont issus de familles dans lesquelles le niveau d'interactions sociales autour du nombre est élevé. Ainsi, les parents offrent une expérience numérique à leur enfant à travers leur propre approche du nombre et leur comportement vis-à-vis des mathématiques. Les habiletés numériques de l'enfant sont donc directement liées à la fréquence des activités numériques qu'ils réalisent avec leurs parents. Benavides-Varela et ses collègues (2016) ont également montré que l'opinion des parents sur les capacités de leur enfant a plus d'impact sur le comportement de celui-ci concernant les mathématiques que ses



résultats aux divers tests. Enfin, il semble que les enfants fassent davantage de progrès lorsque leurs proches sont attentifs à leurs apprentissages, et/ou lorsque leur mère possède des diplômes académiques (Melhuish et al., 2008). Les parents ont donc un rôle incontournable dans les apprentissages de leur enfant et le cadre éducatif qu'ils mettent en place a un impact significatif sur son développement des connaissances mathématiques.

## **2. Les gnosies digitales, un support à portée de main**

Le syndrome de Gerstmann (Gerstmann, 1940 ; Suresh & Sebastian, 2000) illustre le lien entre les gnosies digitales et les capacités numériques. En effet, ce syndrome neurologique lié à une lésion pariétale de l'hémisphère gauche, associe une agnosie digitale, une acalculie, une confusion droite/gauche, une dysgraphie et, parfois, une apraxie constructive. Mais les études à ce sujet ont été très controversées car tous les symptômes ne sont pas forcément présents chez les patients atteints de ce syndrome. Il ne s'agit cependant pas de l'unique piste concernant le lien entre les gnosies digitales et les compétences mathématiques et plusieurs recherches ont été réalisées à ce sujet.

### **2.1. Lien entre les gnosies digitales et les compétences mathématiques**

Afin de déterminer le lien entre la représentation du nombre et la dextérité manuelle, Andres et ses collaborateurs (2008) ont évalué la vitesse et l'amplitude d'ouverture et de fermeture manuelle (pince digitale) en réponse à des stimuli visuels de chiffres plus ou moins grands. Ils se sont aperçus que la fermeture de la main est initiée plus rapidement en réponse à de petits chiffres alors que son ouverture est plus rapide en réponse à de grands chiffres. Ils ont également découvert que l'amplitude d'ouverture de la main est plus importante lorsque des chiffres élevés sont présentés au sujet que lorsqu'il s'agit de petits chiffres.

Il semblerait également que les enfants présentant de moins bonnes performances à une tâche classique évaluant les gnosies digitales (c'est-à-dire, évaluant la capacité à identifier, sans contrôle visuel, les doigts touchés), soient plus lents et produisent plus d'erreurs à des tâches numériques que les autres enfants 15 mois plus tard. Ainsi, les gnosies digitales seraient prédictives des capacités numériques futures (Noël, 2005).

Enfin, l'utilisation des doigts offre à l'enfant un support pour réciter la chaîne numérique, pour établir un lien avec la correspondance terme à terme (un doigt représente un nombre) et pour comprendre le système en base 10. Elle l'aide également à comprendre la cardinalité et soulage sa mémoire de travail.

Tous ces éléments nous permettent donc de supposer qu'il existe un lien entre les gnosies digitales et les compétences mathématiques d'un individu.

### **2.2. Impact de la stimulation des gnosies digitales sur les acquisitions mathématiques**

Gracia-Bafalluy et Noël (2008) ont réalisé une étude dans laquelle des enfants de CP ont reçu un entraînement des gnosies digitales. Chaque doigt a été associé à une couleur et, à

partir de ce code, les enfants ont réalisé une série d'activités (e.g., suivre le chemin dans un labyrinthe avec le doigt correspondant à la couleur indiquée, pointer le cercle coloré avec le doigt associé). Les auteures ont ensuite comparé les résultats obtenus au pré-test et au post-test. Elles ont mis en évidence le rôle de l'entraînement : les enfants ayant reçu un entraînement digital ont développé de meilleures gnosies digitales par rapport au groupe contrôle. Ces mêmes enfants ont également amélioré leurs performances pour trois compétences numériques de base : le subitizing, le comptage de doigts présentés visuellement sur un support papier et le jugement de cardinalité (dire quel nombre arabe est le plus grand parmi deux propositions).

Cette étude a donc permis de démontrer qu'un entraînement digital améliore les gnosies digitales et les performances à certaines activités numériques. Ses résultats sont cependant controversés. En effet, Long et ses collègues (2016) ont évalué les compétences digitales et numériques chez 204 enfants de CP-CE1. Les auteurs ont proposé trois tests aux participants : un test évaluant les gnosies digitales, un test évaluant les compétences mathématiques et un test de lexique en réception. Ils ne sont pas parvenus à mettre en évidence un lien significatif entre les gnosies digitales et les compétences arithmétiques.

### **3. Les jeux de plateau**

Les jeux de plateau présentent une relation entre les grandeurs numériques et les informations visuo-spatiales, kinesthésiques, auditives et temporelles. En effet, plus le nombre inscrit dans une case est grand et plus la distance parcourue par l'enfant avec le pion est élevée. De la même manière, plus le nombre de numéros que l'enfant a donnés ou entendus est grand et plus le temps écoulé depuis le début du jeu est important. Ces informations permettent de mettre en place, de façon multimodale, une représentation linéaire des grandeurs numériques appelée « ligne numérique mentale ». Cette dernière est l'un des principaux éléments permettant l'accès au sens du nombre. Ainsi, les jeux de plateau développent une construction des représentations numériques chez l'enfant comme nous allons le voir ci-dessous.

Ramani et Siegler (2008) ont réalisé une étude portant sur 124 enfants de maternelle dans laquelle ils évaluent les bénéfices d'un jeu de plateau contenant des chiffres par rapport à un jeu de plateau ne contenant pas de chiffres. Les résultats ont montré qu'après avoir joué au jeu de plateau présentant des chiffres, les enfants ont progressé de façon considérable dans certaines activités numériques : la comparaison de nombres, l'estimation linéaire, l'identification numérique et le comptage. Après une nouvelle évaluation deux mois plus tard, il apparaît que les compétences acquises sont demeurées solides.

Ramani et Siegler (2011) ont également réalisé une étude, chez des enfants de maternelle issus de milieu socioculturel favorisé, dans laquelle ils comparaient, dans un premier temps, les apports du jeu de plateau linéaire à ceux du jeu de plateau circulaire et à ceux d'autres activités numériques. Les auteurs ont découvert que les progrès apportés par le jeu de plateau linéaire sont constamment plus importants que ceux apportés par les deux autres conditions. Ils ont également noté que les enfants qui débutaient avec moins de connaissances initiales ont fait plus de progrès avec les jeux de plateau linéaires que les enfants avec des connaissances initiales supérieures. Ils ont ensuite comparé ces résultats à

ceux obtenus précédemment dans une étude similaire avec des enfants issus de milieu socioculturel défavorisé (Ramani & Siegler, 2009). Chaque enfant d'un milieu socioculturel défavorisé était comparé à un enfant d'un milieu socioculturel favorisé et de même niveau initial (pour égaliser les compétences initiales, les enfants issus d'un milieu socioculturel défavorisé étaient âgés de 8 mois de plus que ceux issus d'un milieu socioculturel favorisé). Les auteurs s'étaient préalablement renseignés sur la fréquence d'activités telles que les jeux de plateau à la maison, ils ont découvert que les enfants issus d'un milieu défavorisé jouaient moins à ce type de jeux et plus à des jeux vidéo que les enfants issus d'un milieu plus favorisé. Les résultats montrent également que les enfants issus d'un milieu socioculturel défavorisé développent plus de compétences mathématiques à partir des activités de jeu de plateau proposées au cours de cette étude que ceux issus d'un milieu plus favorisé. Cette découverte va à l'encontre de l'effet Matthew selon lequel « les riches deviennent plus riches et les pauvres demeurent pauvres » (Merton, 1968 ; Stanovich, 1986) puisque les enfants avec un niveau initial bas progressent davantage que les enfants avec un niveau initial élevé.

Ainsi des jeux de plateau linéaires contenant des chiffres semblent permettre d'améliorer les compétences mathématiques chez les enfants, et particulièrement chez ceux issus d'un milieu moins sensibilisé à l'utilisation de tels supports.

#### **4. L'électronique, un support en développement**

Depuis plusieurs décennies les jeux informatiques font partie du quotidien de l'enfant. Ils constituent donc un support intéressant compte tenu de la disponibilité toujours croissante de tablettes et de Smartphones, qui créent ainsi des occasions de pratique d'activités numériques à la maison. Les activités informatiques permettent donc aux parents, aux enseignants et aux orthophonistes de stimuler les connaissances mathématiques tout en offrant un environnement attrayant. Il est donc surprenant que les jeux électroniques n'aient pas une place plus importante dans l'éducation, d'autant plus que le Ministère de l'Education Nationale a lancé en 2015 le « Plan Numérique pour l'Education », visant à développer l'utilisation des supports numériques pour les apprentissages scolaires.

Il existe actuellement peu d'études traitant de l'impact des jeux informatiques stimulant le développement numérique, sur les acquisitions mathématiques. Wilson et ses collaborateurs (2009) ont observé les effets d'un logiciel intitulé « The Number Race » sur le sens du nombre chez des enfants issus d'un milieu socio-économique défavorisé. Ils ont découvert que ce jeu informatique a permis une amélioration des performances numériques à des tâches traditionnellement utilisées pour mesurer le sens du nombre (subitizing et comparaison). Un bénéfice apporté par le logiciel a été mis en évidence, surtout pour les enfants dont les performances initiales étaient les plus faibles. Cependant, l'absence de groupe contrôle remet en question la fiabilité des résultats. Sella et ses collaborateurs (2016) ont repris ce logiciel et ont également étudié l'impact de ce matériel sur les compétences mathématiques des enfants de maternelle mais en y associant cette fois-ci un groupe contrôle. Leurs résultats concordent avec ceux obtenus par Wilson et ses collaborateurs.

Räsänen et ses collaborateurs (2009) ont comparé les effets apportés par deux logiciels informatiques (GraphoGame-M et NumberRace) sur les compétences mathématiques. Ils ont découvert que les différentes interventions ont permis des progrès.

Enfin, Obersteiner et ses collaborateurs (2013) ont réalisé une étude portant sur l'entraînement des représentations exactes ou approximatives des nombres par l'intermédiaire d'un jeu informatique. Pour cela, ils sont intervenus auprès de 204 enfants de CP qu'ils ont départagés en trois groupes : le groupe recevant un entraînement « exact » (e.g., associer un nombre arabe à la quantité de points correspondante), celui recevant un entraînement « approximatif » (e.g., comparaison de quantités, estimation) et le groupe contrôle réalisant une activité langagière. Ils ont ainsi pu montrer qu'il y avait eu un effet bénéfique notable pour les représentations numériques exactes chez le groupe « exact », de même pour les représentations numériques approximatives chez le groupe « approximatif », sans pour autant qu'il y ait de généralisation à l'autre domaine pour chacun des groupes.

Ainsi les jeux informatiques entraînant un aspect du traitement numérique semblent avoir des effets bénéfiques sur les capacités numériques.

## **5. Hypothèses et buts**

### **5.1. L'environnement familial et l'exposition aux nombres**

L'ensemble des études traitant des effets de l'environnement familial pour le développement du nombre chez l'enfant met en évidence l'impact de l'environnement familial, de la redondance et de la multimodalité des activités à visée mathématique. Elles montrent également l'importance de la forme sous laquelle ces activités sont présentées (jeux de société ou jeux informatiques). Ainsi, le niveau en mathématique des enfants scolarisés en maternelle est très variable selon l'environnement auquel ils sont confrontés. Nous nous demandons donc quelles seront les capacités initiales des enfants participant à l'étude selon leur milieu socioculturel et familial. Nous pouvons formuler l'hypothèse suivante : les enfants participant à la réalisation de ce mémoire auront de meilleures capacités numériques initiales s'ils jouent à des jeux de société en-dehors de l'école à une fréquence importante que s'ils n'y jouent pas (ou peu).

Ce mémoire a donc pour but de réaffirmer l'importance de l'environnement de l'enfant par rapport aux compétences mathématiques et, en conséquence, l'importance des actes de prévention pour les catégories socio-économiques défavorisées.

Concernant les jeux de société et leur impact sur le développement des capacités mathématiques, l'ensemble des résultats transmis par les différentes études met en évidence un bénéfice des jeux sur les compétences mathématiques précoces. Nous pouvons donc formuler les hypothèses suivantes :

- Les enfants qui jouent à des jeux de plateau améliorent leurs performances numériques de façon significative.
- Les enfants présentant de moins bons résultats au pré-test augmentent de façon plus importante leurs performances mathématiques que ceux présentant de meilleurs résultats initiaux.

Ce mémoire a donc pour but de démontrer l'importance des jeux de plateau pour l'acquisition des compétences numériques et de comparer les bénéfices obtenus aux résultats des autres conditions.

## **5.2. L'importance des gnosies digitales dans le développement des mathématiques**

A partir des éléments issus des différentes recherches concernant l'impact des gnosies digitales dans le développement des mathématiques, nous pouvons formuler l'hypothèse que les enfants présentant de bonnes gnosies digitales auront de meilleures compétences mathématiques que les enfants avec de moins bons résultats au test des gnosies.

Ce mémoire avait initialement pour but d'évaluer l'entraînement des gnosies digitales pour le développement des compétences mathématiques et de comparer les bénéfices obtenus aux résultats des autres conditions en offrant un entraînement spécifique aux participants. Cependant, le côté trop controversé des résultats aux différentes études nous a incité à retirer cet aspect des entraînements tout en conservant leur évaluation lors du pré-test et du post-test.

## **5.3. Les effets des supports informatiques sur l'arithmétique**

A partir des données récoltées dans les différentes études à ce sujet, nous pouvons formuler l'hypothèse que les supports informatiques permettent un développement des capacités numériques.

Les buts de ce mémoire seront de déterminer les apports offerts par les logiciels informatiques et de les comparer aux résultats des autres conditions.

## **Méthode**

Cette étude a été effectuée par une équipe de six étudiantes en orthophonie dans le cadre de la réalisation de leur mémoire de fin d'études (Master II), encadrées par Sandrine Mejias, Maître de conférence à l'Université de Lille. Elle se situe dans la lignée d'une étude réalisée par l'Université du Luxembourg dont certains outils ont été réutilisés (Cornu et al., 2017).

### *Population :*

Cette étude a porté sur 169 enfants âgés de 3 ; 1 ans à 7 ; 2 ans (moyenne d'âge = 5 ; 11 ans), dont 65 filles (38,5%) et 104 garçons (61,5%). Les participants étaient scolarisés en classe de moyenne section de maternelle (60 enfants, 35,5%) ou de grande section de maternelle (109 enfants, 64,5%).

Ces enfants ont été répartis dans trois types de groupes : Papier-Crayon (PC), Pré-Math et Compétences Visuo-Spatiales (CVS). Les enfants des groupes PC ont reçu un entraînement des compétences numériques à travers différents jeux de société. Ceux des groupes Pré-Math ont aussi bénéficié d'un entraînement des compétences numériques mais à travers différentes activités sur support informatique (iPad). Enfin, les groupes CVS ont eu un entraînement des compétences visuo-spatiales par l'intermédiaire d'activités sur support informatique également (iPad). Les entraînements CVS faisant l'objet d'une autre étude, ils ne sont pas analysés dans ce mémoire.

Chaque groupe était composé de 4 à 6 enfants. Ils ont été formés avec l'aide des enseignants de façon à ce qu'ils soient les plus homogènes possibles. Différents critères ont

ainsi été pris en considération dans leur constitution : âge, sexe, niveau scolaire. Leur attribution à un entraînement a été réalisée de façon aléatoire. La répartition dans les différents groupes est la suivante : 60 enfants dans le groupe PC (35,5%), 54 enfants dans le groupe PM (32%) et 55 enfants dans le groupe CVS (32,5%).

Concernant les critères d'inclusion, le choix des écoles a été fait de manière à ce que les résultats soient les plus représentatifs possibles de la population générale des enfants de ces niveaux scolaires. Ainsi, les écoles sélectionnées n'étaient pas répertoriées dans des zones prioritaires ou n'étaient pas connues pour avoir un niveau supérieur à la moyenne nationale.

Les enfants participant à l'étude devaient être scolarisés en moyenne ou grande section de maternelle et leur langue maternelle devait être le français. Seuls les résultats de ceux disposant d'une autorisation parentale ont été pris en compte.

Concernant les critères d'exclusion, les enfants disposant d'un dossier MDPH (Maison Départementale des Personnes Handicapées), présentant des troubles développementaux ou des apprentissages, ou n'ayant pas d'autorisation parentale n'ont pas été inclus dans l'étude.

#### *Matériel :*

Concernant les entraînements PC, les différentes activités proposées étaient issues de plusieurs sources : certaines ont été créées par notre équipe, les autres nous ont été transmises par l'équipe luxembourgeoise.

Chaque activité avait pour objectif de travailler les différents codes numériques (code arabe, code analogique ou code verbal), le comptage, le dénombrement, la chaîne numérique ou la ligne numérique mentale. Elles pouvaient être directes ou indirectes (LeFevre et al., 2009) : certaines se présentaient sous forme de jeux de plateau pour lesquels l'enfant devait avancer son pion en comptant, alors que d'autres permettaient un travail d'association des différents codes, sous forme de loto ou de memory. Certaines activités étaient individuelles, d'autres collectives.

Concernant les entraînements Pré-Math et CVS, ils ont été réalisés avec des iPad. Sur chaque tablette, le logiciel MaGrid, provenant de l'équipe luxembourgeoise, avait été préalablement installé. Ce logiciel permettait de connecter chaque enfant via un QR-Code individuel et de lui faire réaliser une activité choisie parmi celles enregistrées. Chacune de ces activités s'effectuait donc de façon individuelle et autonome.

Les activités Pré-Math permettaient l'entraînement des mêmes compétences que les entraînements PC (les différents codes, le comptage, le dénombrement, la chaîne numérique ou la ligne numérique mentale).

Les activités CVS entraînaient, comme leur nom l'indique, les aptitudes visuo-spatiales. Elles étaient constituées de manipulation, d'orientation et/ou de reproduction de figures et de formes géométriques.

## *Procédure :*

### Pré-tests :

Un questionnaire a été distribué à l'ensemble des parents des enfants participant à l'étude. Ce dossier contenait une lettre d'information (annexe 1), un questionnaire concernant les habitudes de jeux des enfants afin de prendre en compte le critère « environnement » (annexe 2) et une demande d'autorisation pour la participation à l'étude (annexe 3). Comme indiqué précédemment, seuls les résultats des enfants ayant une autorisation parentale ont été pris en considération.

Les enfants ont ensuite été pré-testés à l'aide de différentes épreuves :

- Le subtest des matrices issu de l'Echelle non verbale d'intelligence de Wechsler (WVN, Wechsler et Naglieri, 2006) : dans cette épreuve, les enfants doivent trouver l'item manquant parmi 5 propositions, à partir d'une consigne non verbale. L'item choisi doit soit compléter une image, soit poursuivre une suite logique.
- Les subtests de position dans l'espace issus du Developmental Test of Visual Perception (DTVP-2, Hammill et al., 1993) : il s'agit d'une évaluation des aptitudes visuo-spatiales en deux parties : dans la première partie, l'enfant doit désigner l'item différent des autres parmi 5 items (Lequel est différent ?) alors que dans la seconde partie il doit trouver l'item identique au modèle parmi 3 à 5 propositions (Lesquels sont les mêmes ?).
- L'épreuve de gnosies digitales (Galifret-Granjon, 1964) dans laquelle l'enfant doit indiquer sur un dessin, sans avoir regardé et uniquement par le ressenti, le doigt sur lequel une pression a été effectuée.
- Le subtest de relations spatiales issu du DTVP-2 pour lequel l'enfant doit reproduire des figures en reliant des points.
- Des épreuves de comptage créées pour les besoins de ce pré-test : la première épreuve est un comptage libre où l'enfant doit simplement compter le plus loin possible, dans la deuxième, il doit compter à l'endroit à partir d'une borne inférieure et enfin, la dernière nécessite de compter à l'envers à partir d'une borne supérieure.
- Une épreuve de dénombrement pour laquelle l'enfant doit dire le nombre de cailloux représentés.
- Une épreuve de lecture de nombres arabes à voix haute.
- Une épreuve de comparaisons symboliques et non-symboliques de nombres : le premier subtest vise à évaluer la vitesse motrice de l'enfant qui doit simplement barrer le plus vite possible les formes noires parmi des paires de formes. Le deuxième subtest est une comparaison symbolique de nombres arabes à un chiffre : l'enfant doit barrer le plus vite possible les plus grands nombres parmi des paires de nombres. Le troisième subtest est identique au deuxième mais avec des nombres arabes à deux chiffres. Enfin, le quatrième subtest est une comparaison non-symbolique : l'enfant devait barrer le plus vite possible la case contenant le plus de points.
- Une épreuve de lignes numériques créée pour l'occasion et pour laquelle l'enfant doit placer le nombre indiqué en nombres arabes sur une ligne non graduée allant de 0 à 20.

- Une épreuve d'additions issue du Tempo Test Rekenen (TTR, Devos, 2004) contenant d'abord des représentations non-symboliques (digitales) puis symboliques (nombres arabes).
- Une épreuve créée pour l'occasion et visant la chaîne numérique : l'enfant doit indiquer les nombres manquants parmi des séries de quatre nombres.
- Une épreuve de mémoire de travail également créée pour les besoins des pré-tests : l'enfant doit redonner le nom de couleurs en ordre inverse par rapport à l'ordre donné.
- L'épreuve des blocs de Corsi en version papier : il s'agit d'une épreuve de mémoire visuo-spatiale pour laquelle l'enfant doit mémoriser l'emplacement d'une série d'éléments pour pouvoir les redonner.

Une partie des ces tests a été reprise de l'étude de l'équipe luxembourgeoise (Cornu et al., 2017) dont ce projet est la continuité.

Les résultats de chaque épreuve ont ensuite été anonymisés (chaque enfant a été associé à un numéro de façon aléatoire) et enregistrés dans un tableau afin d'en faire une analyse statistique qui fera l'objet d'un prochain mémoire. Un QR code a alors été associé aléatoirement à chacun des enfants afin de pouvoir réaliser les activités informatiques tout en préservant l'anonymat.

#### Entraînements :

Chaque enfant a ensuite été attribué à un type d'entraînement (PC, Pré-Math ou CVS). Les groupes ont été constitués avec 4 à 6 enfants et de façon homogène selon le niveau scolaire, l'âge et le sexe.

Concernant les entraînements, ils se sont déroulés pendant 8 semaines à raison de deux séances par semaine. Chaque séance étant constituée de deux activités, les enfants ont donc théoriquement réalisé 32 activités (chaque activité durait une dizaine de minutes, les sessions se déroulaient donc sur un créneau de 20 minutes). Les absences des enfants durant un (ou plusieurs) entraînement(s) étaient notées afin de pouvoir en tenir compte lors de l'analyse des résultats.

#### *Les entraînements Pré-Math et PC*

Ils ont été organisés selon une progression et appariés en terme de difficulté. Les premiers entraînements s'axaient autour des numérosités 1 à 3 pour aller progressivement vers des numérosités plus importantes (jusqu'à 20 pour les dernières sessions). Nous avons essayé d'organiser ces deux entraînements de façon à ce qu'ils travaillent les mêmes compétences au même moment (tableau 1). Les activités CVS, ne présentant pas de niveau de difficulté, ont été organisées aléatoirement.

En cas d'absence lors d'un entraînement, l'enfant ne pouvait malheureusement pas rattraper son retard (par manque d'intervenants et de temps) et reprenait là où en étaient les autres membres du groupe.

Les entraînements étaient encadrés par les étudiantes en orthophonie et par les enseignants qui le souhaitaient. Nous avons essayé de limiter au maximum le biais lié à l'habitué à l'examineur en changeant à chaque session l'intervenant de chaque groupe.



Semaines	Sessions	Activités PC	Activités Pré-math	Activités CVS
1	<i>Introduction</i>	Explication du déroulement des sessions d'entraînement aux enseignants et aux enfants et attribution d'un QR code à chaque enfant qui travaillera sur iPad.		
	1	<i>La traversée de l'étang</i> : Faire avancer son pion de la case « départ » à la case « arrivée » avec un dé de trois chiffres.	<i>Compter (1-3)</i> : Ordonner des chiffres arabes.	<i>Jeu libre</i> : Entraînement à l'outil.
	2	<i>Loto</i> : Travail des trois représentations jusqu'au nombre trois.  <i>Jeu des pompons</i> : Travail de la correspondance code analogique/code arabe (jusqu'à six) et de la ligne numérique mentale.	<i>Trouver le compte (1-3)</i> : Correspondance code arabe/code analogique.  <i>Vrai/faux (1-7)</i> : Comptage et comparaison, travail de la représentation analogique.	<i>Coloriage</i> : Colorier la figure selon le modèle présenté.  <i>Relie les points</i> : Relier les points entre eux pour reproduire la même figure que celle présentée.
2	1	<i>La maison des nombres</i> : Association code arabe et code analogique jusqu'à six.  <i>Domino Grenouille</i> : Association de quantités (code analogique), travail des numérosités jusqu'à six.	<i>Cartes des quantités (1-5)</i> : Travail de la ligne numérique mentale par la restitution de quantités sur une ligne.  <i>Les arbres fruitiers (1-5)</i> : Correspondance code arabe/code analogique (placer le même nombre de fruits sur l'arbre que celui présenté en code arabe).	<i>Trouver la paire</i> : Trouver les deux formes identiques.  <i>Qui est différent ?</i> Trouver la forme différente de celle présentée.
	2	<i>Escargot</i> : Association code arabe/code analogique par le coloriage de la case contenant le numéro indiqué sur le dé (travail des numérosités jusqu'à six).  <i>Memory</i> : Association de quantités en code analogique en utilisant la mémoire (travail des numérosités jusqu'à six).	<i>Grenouilles</i> : Travail de la ligne numérique mentale par le placement de grenouilles numérotées sur une ligne.  <i>Cueillette des fruits (1-5)</i> : Travail du comptage et de la correspondance entre le code arabe et le code analogique (l'enfant doit retirer le bon nombre de fruits selon le nombre qui lui est présenté).	<i>Terminer la forme</i> : Compléter une forme en reliant des points selon un modèle.  <i>Tangram</i> : Organiser différentes formes entre elles afin de reproduire le modèle.

**Tableau 1. Présentation des deux premières semaines d'entraînement.**

Ce tableau est un extrait de celui que nous avons mis au point pour organiser les activités durant l'entraînement. Il présente les semaines une et deux, chacune divisée en deux sessions, elles-mêmes divisées en deux activités. La première semaine a par ailleurs compris la phase de présentation et de découverte pour les enfants. Nous avons donc fait le choix de supprimer une activité pour pouvoir expliquer l'organisation de l'étude aux enseignants et nous présenter, ainsi que le projet, aux enfants. Comme l'illustre ce tableau, nous avons tenté d'apparier les entraînements PC et Pré-Math afin que les mêmes numérosités soient abordées par session.

#### Post-test :

A la fin des huit semaines d'entraînement, un post-test a été effectué. Il était constitué des mêmes épreuves que le pré-test mais sans la matrice non-verbale de la WVN. Les résultats obtenus seront analysés de la même façon que ceux du pré-test et permettront d'établir l'évolution obtenue selon chaque domaine et pour chaque type d'entraînement.

Un test de contrôle sera effectué à distance des entraînements (au moment de la rentrée scolaire de septembre 2018) afin de vérifier et de confirmer la stabilité des résultats.

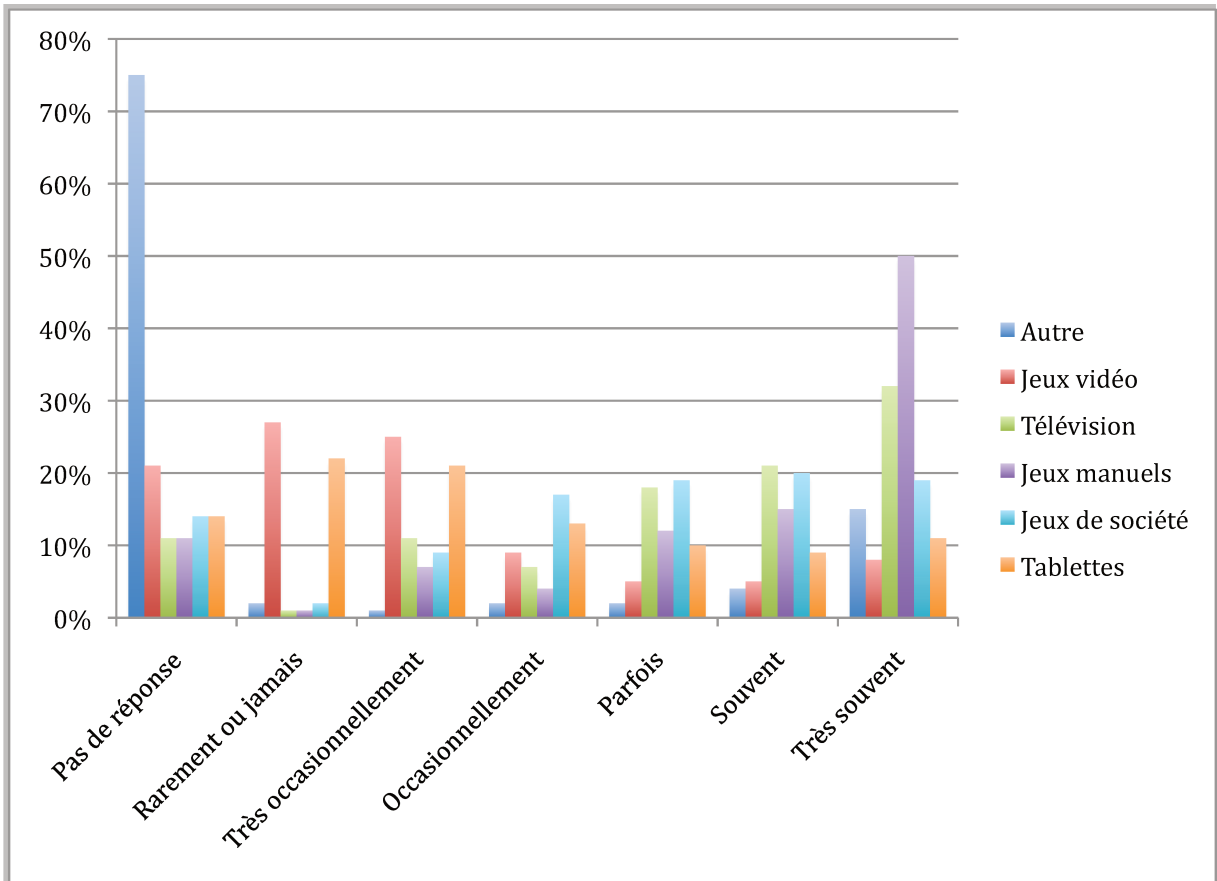
## **Résultats**

Nous allons tout d'abord étudier les résultats obtenus grâce au questionnaire parental. Ces données concernent les activités réalisées à la maison et leur fréquence. Dans un second temps, nous détaillerons les résultats proposés par des études similaires à la nôtre, que ce soit par leurs objectifs et/ou par leur méthodologie.

#### *Résultats obtenus grâce au questionnaire parental*

Grâce au questionnaire, nous avons pu établir le pourcentage d'enfants possédant une tablette numérique tactile personnelle. Il apparaît que 63 des 169 enfants étudiés disposent de cet outil (37%).

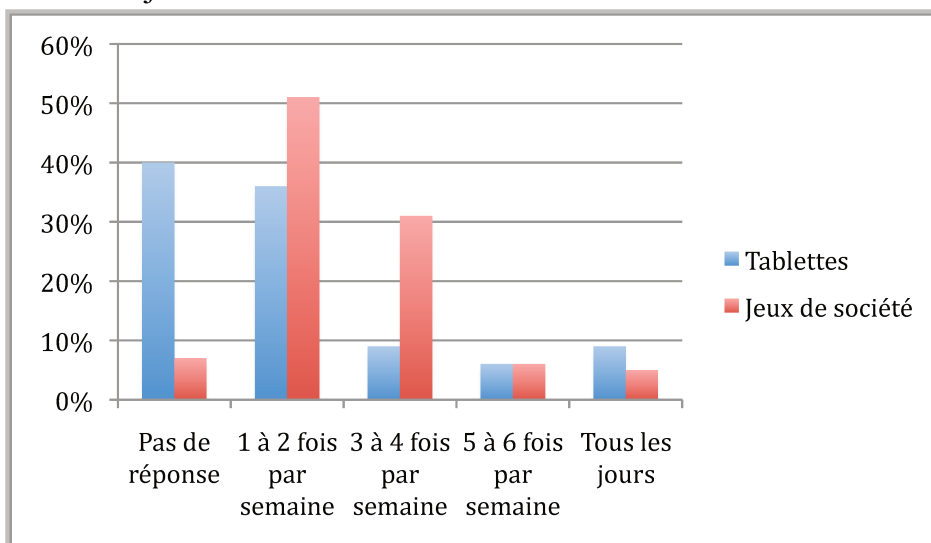
Nous souhaitons également connaître les activités réalisées par les enfants à la maison. Le graphique ci-après (figure 2) représente la fréquence de réalisation de ces différentes activités.



**Figure 2.** Fréquence de réalisation d'activités à la maison

Grâce à ce graphique, nous pouvons observer que les activités privilégiées sont la télévision et les jeux manuels (e.g., pâte à modeler ou peinture). Les jeux vidéo sont l'activité la moins fréquente. Les jeux de société sont réalisés plus fréquemment que les jeux sur tablettes numériques tactiles.

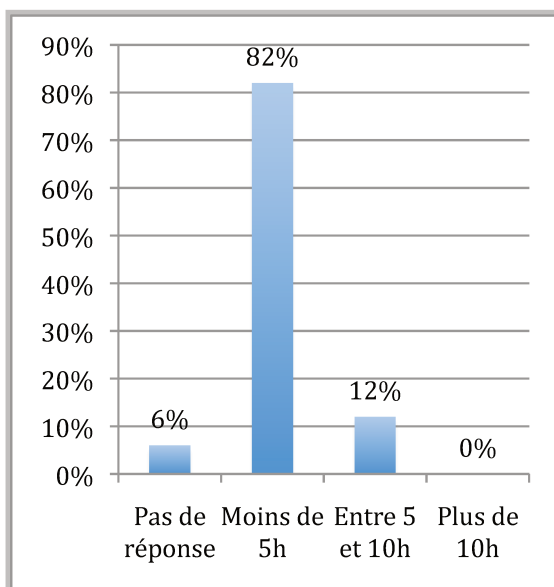
Le graphique suivant (figure 3) correspond à la fréquence de réalisation, par semaine, de jeux de société ou de jeux sur tablette.



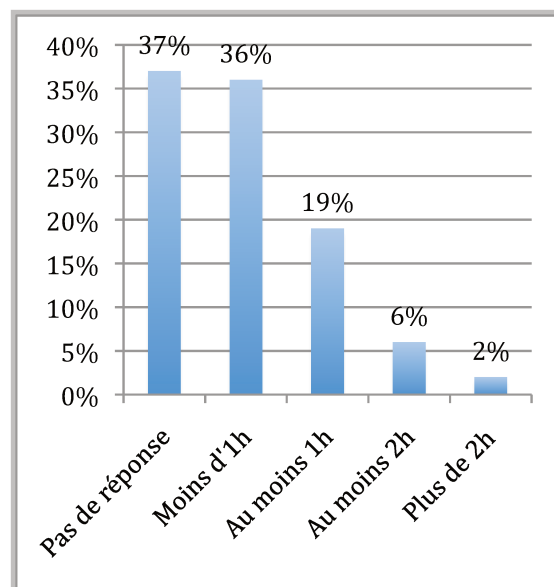
**Figure 3.** Fréquence d'exposition à la tablette numérique tactile et aux jeux de société par semaine

Il nous indique que la grande majorité des enfants réalise des jeux de société 1 à 4 fois par semaine (82% en tout). En revanche, les résultats concernant la fréquence d'exposition à la tablette numérique tactile ne sont pas représentatifs puisqu'une grande partie des parents n'a pas répondu à cette question (40%). Il apparaît cependant que la majorité des enfants utilise la tablette 1 à 2 fois par semaine (36%).

Les figures 4 et 5 indiquent le temps consacré par semaine à la tablette ou aux jeux de société.



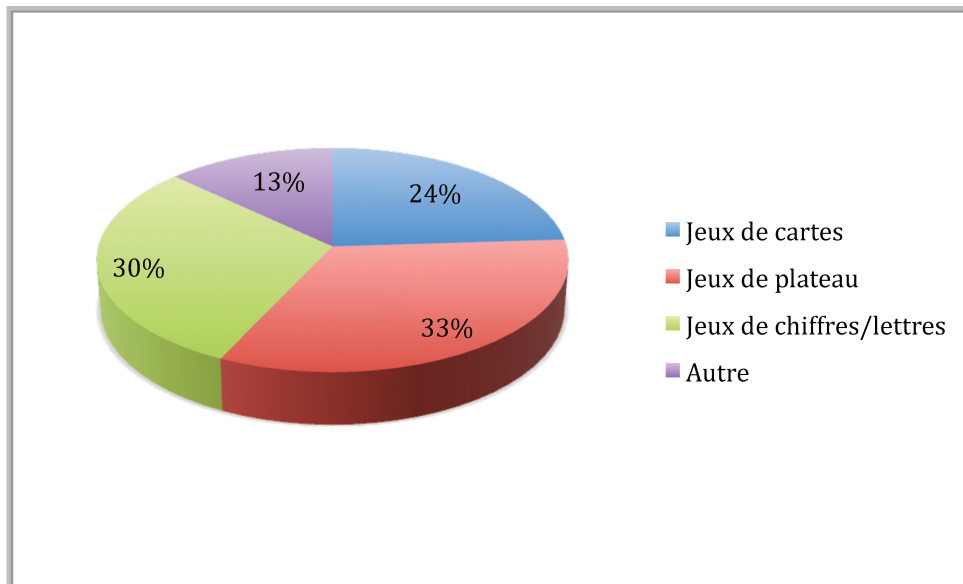
**Figure 4.** Temps consacré à la tablette par semaine (en pourcentage d'enfants)



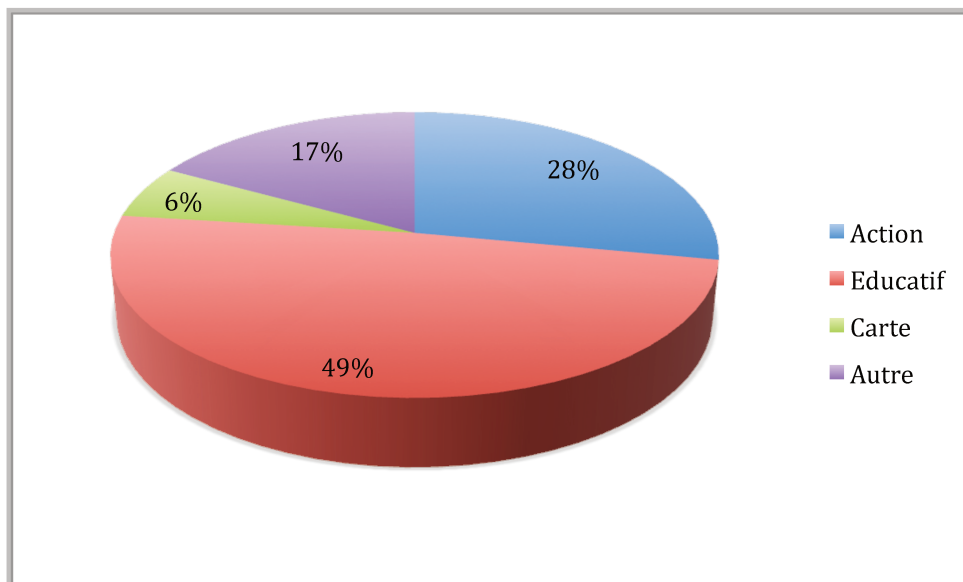
**Figure 5.** Temps consacré aux jeux de société par semaine (en pourcentage d'enfants)

Concernant la tablette, nous pouvons voir que la grande majorité des enfants (82%) y consacre moins de 5 heures par semaine. Aucun enfant n'y consacre plus de 10 heures par semaine. Les résultats concernant les jeux de société ne sont pas représentatifs puisqu'une partie importante des questionnaires (37%) ne comportait pas de réponse à cette question. Nous pouvons cependant voir que la plupart des enfants (36%) consacrent moins d'1 heure par semaine aux jeux de société.

La dernière information transmise par le questionnaire parental concerne les jeux effectués par l'enfant lorsqu'il joue à des jeux de société (figure 6) ou à des jeux sur la tablette (figure 7).



**Figure 6.** Jeux réalisés par l'enfant dans le cadre des jeux de société



**Figure 7.** Jeux réalisés par l'enfant dans le cadre des jeux sur tablette

Concernant les jeux de société, nous pouvons voir que les enfants réalisent, de façon plutôt équivalente, des jeux de cartes, des jeux de plateau et/ou des jeux de chiffres et de lettres.

La répartition au sein des activités pratiquées sur tablette est plus inégale. Il apparaît effectivement que les enfants jouent préférentiellement à des jeux éducatifs puisque cette catégorie représente à elle seule la moitié des activités réalisées.

Les résultats du questionnaire sont les seules données recueillies que nous pouvons présenter puisque l'analyse statistique des résultats obtenus lors du pré-test, du post-test et durant la session de contrôle à distance fera l'objet d'autres mémoires. Nous vous proposons donc d'explorer des résultats obtenus dans le cadre d'études similaires. Ces dernières ont été sélectionnées selon leurs points communs avec la nôtre dans la méthodologie et dans les objectifs développés.

## *Environnement et activités mathématiques*

Dans leur étude, Ramani et Siegler (2008a) se sont intéressés à l'impact des activités réalisées à la maison sur les acquisitions mathématiques précoces. Pour cela, ils ont constitué un échantillon de 145 enfants de 4 à 6 ans. Chaque participant a rencontré un examinateur pour répondre, de façon individuelle, à une série de questions concernant les types de jeux réalisés à la maison (jeux de plateau, jeux de cartes ou jeux vidéo). Les enfants devaient répondre à des questions concernant la fréquence à laquelle ils jouaient à ces différentes activités et sur les noms de ces jeux.

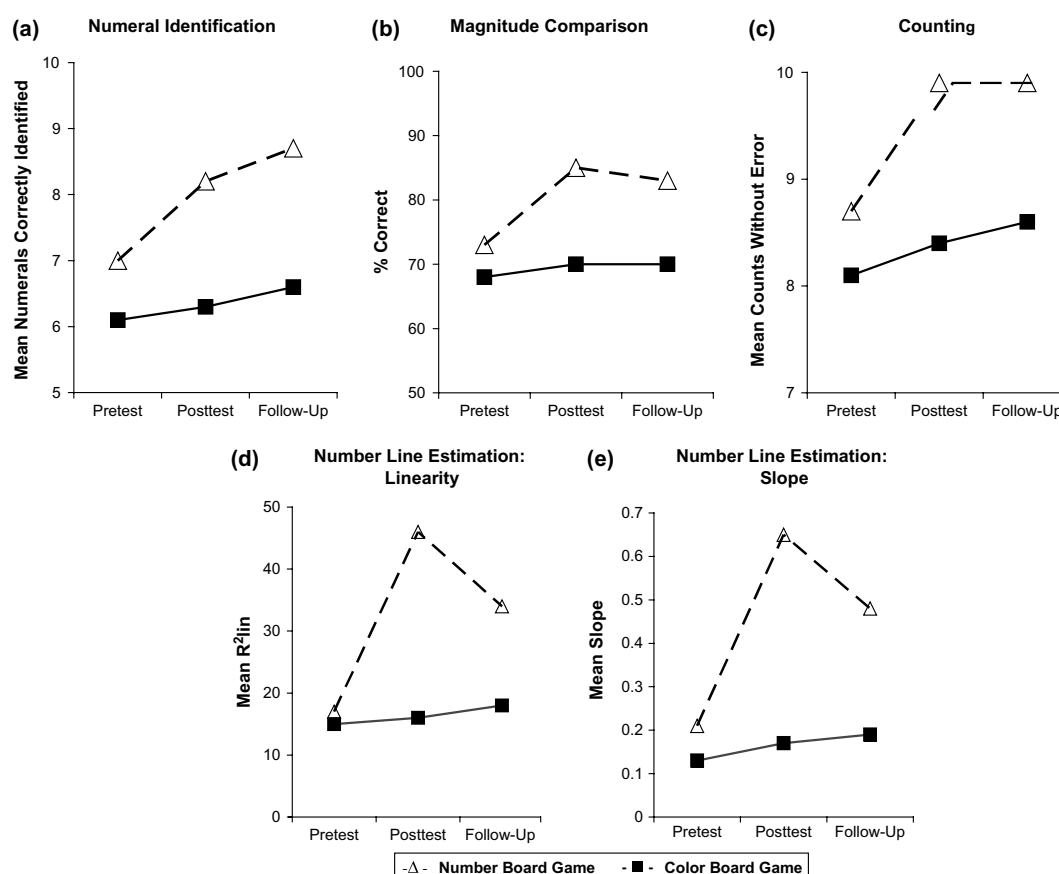
Les auteurs ont ensuite analysé les réponses afin de voir s'il existe un lien entre le milieu socio-économique et les activités réalisées à la maison. Ils ont pu observer que le pourcentage d'enfants issus d'un milieu socio-économique moyen jouant à au moins un jeu de plateau à la maison est plus important que celui des enfants issus d'un milieu socio-économique défavorisé (80% vs. 47%). De la même façon, le pourcentage des enfants jouant à des jeux de cartes à la maison est plus élevé chez les enfants issus d'un milieu socioculturel moyen que chez ceux issus d'un milieu socioculturel défavorisé (87% vs. 61%). En revanche, c'est l'effet inverse qui ressort pour les jeux vidéo. En effet, 66% des enfants issus d'un milieu socioculturel défavorisé jouent à des jeux vidéo alors que cela constitue seulement 30% des enfants issus d'un milieu socioculturel moyen.

Les auteurs ont ensuite comparé les résultats obtenus à un test mathématique évaluant différentes compétences (comptage, estimation de la ligne numérique mentale, comparaison de grandeurs numériques et identification de nombres) avec les types d'activités réalisées par les enfants en-dehors de l'école. Pour cela, ils ont divisé les enfants en trois groupes : (1) les enfants ne jouant pas du tout à des jeux de société, (2) les enfants jouant à des jeux de société dans un seul endroit et (3) les enfants jouant à des jeux de société dans différents endroits (chez eux, chez des amis, etc.). Ils ont ainsi pu mettre en évidence que les connaissances mathématiques étaient positivement liées au nombre d'endroits dans lesquels les enfants réalisaient des jeux de société et à la fréquence avec laquelle ils jouaient à ces jeux.

## *Gnosies digitales*

Long et ses collaborateurs (2016) ont étudié le lien entre les gnosies digitales et les capacités mathématiques de 197 enfants de CP-CE<sub>1</sub> âgés de 5 ans 6 mois à 8 ans 8 mois. Pour cela, ils ont administré à chacun des participants un test de gnosies digitales et une évaluation des connaissances mathématiques dans plusieurs domaines : calculs (additions et soustractions), comparaison de quantités et de nombres arabes et dénombrement. Dans l'épreuve évaluant les gnosies digitales, l'enfant devait indiquer sur un dessin, sans avoir regardé et uniquement par le ressenti, le doigt sur lequel une pression avait été effectuée. Les auteurs ont tenu compte des âges des enfants dans l'analyse statistique des résultats. Ils ont ainsi pu mettre en évidence que le lien entre les gnosies digitales et chacun des éléments évalués n'était pas significatif. Par ailleurs, les compétences mathématiques présentes chez les enfants, ainsi que leur score au test des gnosies digitales, étaient fortement corrélés à l'âge. Ils ont ainsi découvert que seule la comparaison de nombres arabes et le dénombrement étaient les seuls prédicteurs du niveau des enfants pour les compétences mathématiques.

Dans une autre étude de Ramani et Siegler (2008b), les auteurs ont étudié l'impact des jeux de plateau chez 124 enfants de 4 à 6 ans (même tranche d'âge que celle observée dans ce mémoire). Ils ont effectué des entraînements de 15-20 minutes mais sur une période plus courte que la nôtre (quatre sessions réparties sur deux semaines). Une cinquième session a été organisée 9 semaines après l'entraînement afin d'observer la stabilité des résultats. Les auteurs ont séparé leur échantillon en deux groupes : celui recevant un entraînement avec des jeux contenant des nombres et celui recevant un entraînement avec les mêmes supports mais pour lesquels les nombres avaient été remplacés par des couleurs. Chacun des enfants a réalisé un pré-test et un post-test évaluant les compétences suivantes : comptage, estimation de la ligne numérique mentale, comparaison de grandeurs numériques, identification de nombres. Afin de prendre en compte la variable liée à l'âge, les auteurs ont réparti les résultats obtenus en deux parties : un groupe de 59 enfants de 4 ans 1 mois à 4 ans 8 mois, et un groupe de 65 enfants de 4 ans 9 mois à 5 ans 5 mois. Ils ont ensuite réalisé une analyse statistique des données récoltées. Les graphiques suivants illustrent les résultats obtenus aux quatre épreuves :



**Figure 8.** Performances individuelles aux quatre épreuves proposées des enfants au pré-test, au post-test et durant la session de suivi (*issus de Ramani & Siegler, 2008*).

Identification de nombres :

Des nombres de 1 à 10 étaient inscrits sur 10 cartes rangées aléatoirement et l'enfant devait identifier le nombre inscrit sur la carte désignée par l'examineur. Les auteurs ont montré que la quantité de nombres correctement identifiés était liée à l'âge des participants. En effet, les enfants les plus âgés identifiaient plus de nombres que les plus jeunes

(respectivement, 7.7 vs. 6.6 de nombres identifiés correctement). Ils ont également découvert que les enfants ayant joué à des jeux de plateau numériques avaient significativement amélioré leurs résultats en passant de 7 à 8.2 identifications numériques correctes. En comparaison, les enfants ayant joué aux jeux de plateau non numériques ont peu progressé (ils sont passés de 6.1 identifications numériques correctes à 6.3).

Les résultats obtenus lors de la session de contrôle sont restés stables. Le panel a) de la figure 8 illustre ces résultats.

Comparaison de grandeurs numériques :

L'enfant devait déterminer lequel des deux nombres présentés (allant de 1 à 9) était le plus grand. Les résultats obtenus montrent que le nombre de réponses correctes était lié à l'âge (82% de bonnes réponses pour les plus âgés vs. 67% pour les plus jeunes). Les enfants ayant joué aux jeux de plateau numériques ont significativement amélioré leurs résultats et sont passés de 73% de bonnes réponses à 85%. En revanche, les enfants ayant joué à des jeux de plateau non numériques n'ont que très peu progressé (de 68% de bonnes réponses, ils sont passés à 70%). Les résultats obtenus sont également restés stables lors de la session de contrôle (comme le montre le panel b) de la figure 8).

Comptage :

Les enfants devaient compter de 1 à 10, le dernier chiffre émis correctement était pris en compte. Les résultats montrent que les enfants les plus âgés étaient capables de compter correctement plus longtemps que les plus jeunes (9.4 vs. 8.4 nombres émis correctement avant la première erreur). Les enfants ayant joué aux jeux de plateau numériques ont ici aussi significativement amélioré leurs résultats puisqu'ils sont passés de 8.7 à 9.9 nombres émis correctement avant la première erreur, contrairement aux enfants ayant joué aux jeux de plateau non numériques qui sont passés de 8.1 à seulement 8.4 nombres émis correctement. Les résultats sont de nouveau restés stables lors de la session de contrôle. Le panel c) de la figure 8 illustre ces résultats.

Estimation de la ligne numérique mentale :

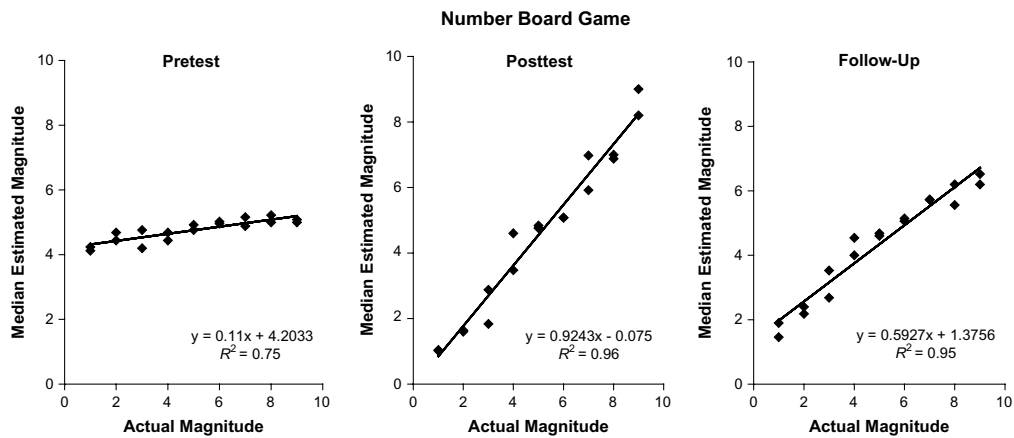
Les enfants devaient positionner des chiffres de 1 à 9 sur une ligne non graduée allant de 0 à 10. Pour analyser les résultats, les auteurs ont d'abord observé la précision des réponses grâce à l'opération suivante :

Estimation – Nombre proposé

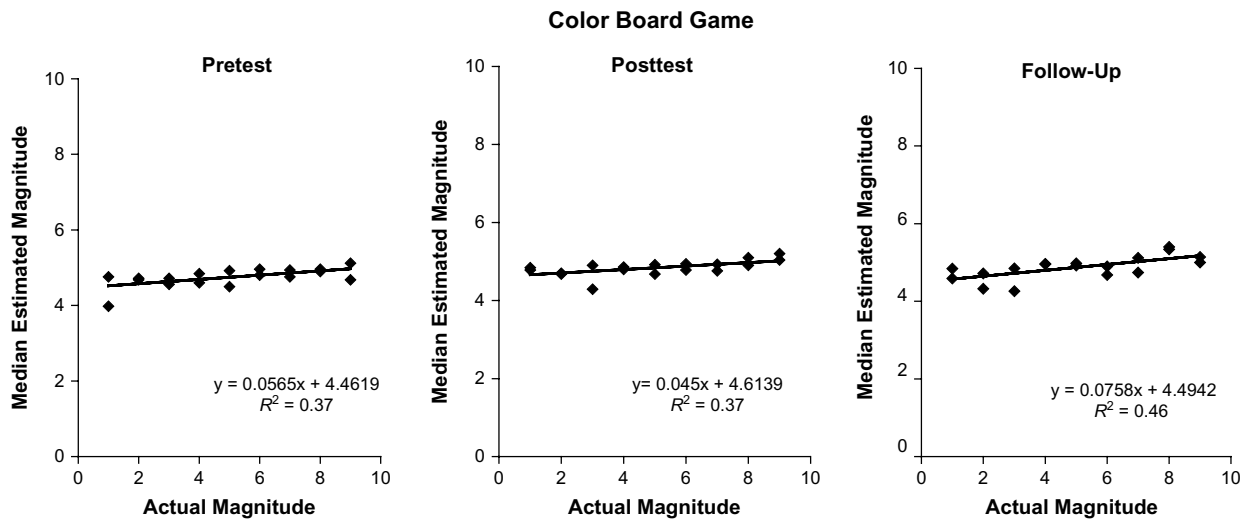
Echelle des estimations

Ils illustrent cette opération par l'exemple suivant : si le nombre proposé à l'enfant est 5 et qu'il le situe à l'emplacement du 9, cela donnera comme résultat 40% puisque  $(9-5)/10 = 0,4$ . Ici encore, les auteurs ont démontré un impact de l'âge sur les résultats et une progression significative, que ce soit dans l'estimation des emplacements ou dans la linéarité des réponses proposées, pour les enfants ayant reçu un entraînement avec des jeux de plateau numériques. De la même façon, les résultats des enfants ayant reçu un entraînement avec des jeux de plateau non numériques n'ont pas évolué (cf. panels d) et e) de la figure 8). Les graphiques suivants (figure 9 et figure 10) représentent les résultats obtenus, tant pour le groupe entraîné avec des nombres que pour celui entraîné avec des couleurs.





**Figure 9.** Performances obtenues au pré-test, au post-test et à la session de contrôle pour l'estimation de la ligne numérique par les enfants ayant joué aux jeux de plateau numériques (issus de Ramani & Siegler, 2008).



**Figure 10.** Performances obtenues au pré-test, au post-test et à la session de contrôle pour l'estimation de la ligne numérique par les enfants ayant joué aux jeux de plateau non numériques (issus de Ramani & Siegler, 2008)

Ces graphiques (figures 9 et 10) illustrent l'absence d'évolution dans les résultats du groupe contrôle. Ils montrent également que les résultats obtenus au pré-test par chacun des groupes sont similaires. Nous pouvons y observer la progression importante du groupe ayant joué aux jeux de plateau numériques pour l'estimation de la ligne numérique. Cette progression se retrouve lors de la session de contrôle même si la pente de la courbe est moins importante.

### *Entraînement Pré-math*

Dans leur étude, Sella et ses collègues (2016) ont étudié l'impact d'un jeu informatique (The Number Race) sur les acquisitions mathématiques chez 45 enfants de 4 à 6 ans (même tranche d'âge que celle observée dans ce mémoire). L'échantillon a été divisé en deux groupes : celui recevant un entraînement mathématique et le groupe contrôle participant à une activité de dessin sur support informatique. Les deux groupes étaient appariés en âge, sexe et

QI. L'étude s'est écoulée sur une durée de 10 semaines, à raison de 2 sessions d'environ 20 minutes par semaine. Chacun des enfants a réalisé un pré-test et un post-test évaluant entre autres les compétences suivantes : ligne numérique, comparaison de quantités et de nombres arabes, comptage, calcul mental et identification de nombres et transcodage.

Le logiciel The Number Race permet un entraînement de la comparaison de grandeurs numériques (d'abord avec des représentations non symboliques puis avec des représentations symboliques) et de la représentation spatiale des numérosités (ligne numérique mentale). Il permet également de travailler l'association des différents codes. Ainsi, il aborde les mêmes éléments que le logiciel MaGrid utilisé pour notre étude.

#### Ligne numérique :

Une ligne non graduée allant de 1 à 10 puis de 1 à 20 était présentée informatiquement à l'enfant. Il devait y placer les nombres présentés (huit nombres pour chacune des deux lignes) en cliquant avec la souris à l'endroit qui lui semblait adapté. Les nombres étaient représentés avec le code arabe. Les auteurs ont ensuite analysé le pourcentage d'erreurs.

Pour la ligne numérique allant de 1 à 10, les auteurs ont obtenu un écart significatif entre les résultats du pré-test et ceux du post-test pour les enfants du groupe entraîné avec le logiciel The Number Race. Leurs résultats permettent de mettre en évidence que le groupe entraîné a plus progressé que le groupe contrôle.

Pour la ligne allant de 1 à 20, les résultats sont similaires à ceux obtenus pour la ligne allant de 1 à 10 alors même que les numérosités supérieures à 9 n'étaient pas abordées durant l'entraînement. Ainsi, une généralisation de la représentation spatiale des nombres a pu être développée à des numérosités plus importantes.

#### Comparaison de quantités et de nombres arabes :

Lors de la comparaison de quantités, l'enfant devait désigner lequel des deux ensembles contenait la plus grande quantité de points (entre 1 et 9 points). De la même façon, pour la comparaison de nombres arabes, il devait désigner lequel des deux nombres présentés (allant également de 1 à 9) était le plus grand. Les auteurs ont ensuite analysé le pourcentage de réponses correctes.

Les résultats obtenus montrent que l'entraînement a permis un léger bénéfice pour le groupe entraîné par rapport au groupe contrôle.

#### Comptage :

Cette épreuve était divisée en trois subtests : chaîne numérique endroit (de 1 à 20), chaîne numérique envers (de 10 à 1) et complétion de la chaîne numérique. Concernant le subtest « complétion de la chaîne numérique », l'enfant devait établir quel(s) chiffre(s) étai(en)t manquant dans des séquences présentées visuellement (code arabe) et allant de 1 à 5. Les auteurs ont ensuite analysé le pourcentage de réponses correctes.

Les résultats ainsi obtenus ne montraient pas un apport significatif de l'entraînement sur les performances de comptage.

#### Calcul mental :

Dans cette épreuve, l'enfant devait résoudre des additions et des soustractions de nombres inférieurs à 10. Les auteurs ont analysé le pourcentage de réponses correctes. Ils ont

pu mettre en évidence un apport significativement important de l'entraînement sur les compétences en calcul mental.

Identification de nombres et transcodage :

Cette épreuve était composée de trois subtests axés autour de l'association code arabe/code verbal : désigner le nombre lu par l'examineur parmi trois nombres arabes, lecture de nombres arabes et dictée de nombres (de 1 à 5). Les auteurs ont ensuite analysé le pourcentage de réponses correctes.

Les résultats ainsi obtenus ne montraient pas un apport significatif de l'entraînement sur les différents codes.

## **Discussion**

Notre étude a pour objectif de comparer les effets des jeux informatiques et des jeux de société sur les acquisitions mathématiques précoces. Actuellement, seuls les résultats du questionnaire parental peuvent être analysés. En effet, les résultats obtenus lors du pré-test et du post-test seront analysés par une autre équipe, je ne peux donc pas vous les présenter. J'ai cependant fait le choix d'étudier les résultats présents dans des études similaires à la nôtre dans leur méthodologie afin de pouvoir faire des prédictions sur les résultats futurs. J'ai préféré détailler ces données dans la partie « Résultats » et non dans la partie « Contexte théorique » car je trouvais intéressante l'idée d'étudier et de présenter ces données de façon plus précise. Cela me permettait également de pouvoir discuter de ces résultats et de faire des liens entre eux.

### *Questionnaire parental*

Les résultats obtenus au questionnaire parental montrent que les enfants participant à l'étude jouent de façon plus importante à des jeux de société qu'à des jeux sur tablette numérique tactile. Il semble également que lorsque les enfants jouent à des jeux sur tablette, il s'agit préférentiellement de jeux éducatifs. Cela nous montre que l'environnement socioculturel dans lequel s'est déroulée cette étude est sensibilisé aux apprentissages et y accorde de l'importance.

Dans les analyses futures, il sera intéressant de mettre en lien les données récoltées par ce questionnaire et les résultats obtenus par les enfants lors du pré-test et du post-test. Cela permettra de prendre en compte une possible relation de causalité entre les activités réalisées à la maison et les connaissances des enfants en mathématique.

### *Environnement et activités mathématiques*

Nous avons pu voir, à travers l'étude de Ramani et Siegler (2008a), que l'utilisation de jeux de société ou de jeux vidéo est liée au milieu socioculturel dans lequel évolue l'enfant. Cette utilisation est corrélée aux compétences mathématiques précoces développées chez les enfants de 4 à 6 ans. Ainsi, plus les jeux de société auxquels joue l'enfant sont nombreux et réalisés dans des endroits variés, plus ses performances mathématiques sont élevées.

L'analyse des réponses obtenues avec le questionnaire remis aux parents pour notre étude devrait donc aller dans ce sens. Ainsi, nous pouvons postuler que si les enfants participant à notre étude jouent à de nombreux jeux de société, ils sont susceptibles d'obtenir de meilleurs scores lors du pré-test que ceux jouant à moins de jeux de ce type.

### *Gnosies digitales*

L'étude de Long et ses collaborateurs (2016) a montré que le lien entre les compétences mathématiques et les performances à un test de gnosies digitales était non significatif. Ainsi ces résultats vont à l'encontre de notre hypothèse selon laquelle les enfants ayant de bonnes gnosies digitales présenteront de meilleurs résultats au pré-test (dans les domaines évaluant les compétences mathématiques) que ceux ayant de mauvaises gnosies digitales.

Nous ne pouvons donc pas, pour l'instant, apporter un élément de réponse positif à cette hypothèse.

### *Entrainement PC*

Nous avons pu voir qu'un entraînement à des activités numériques sur support de jeux de société permettait une amélioration à certaines tâches (Ramani & Siegler, 2008b). Les auteurs démontrent que des progrès significatifs ont été observés pour chacune des activités numériques entraînées, progrès qui sont demeurés stables par la suite. Nous pouvons donc avancer l'idée que des progrès similaires seront obtenus dans notre étude pour les épreuves suivantes :

- épreuves de comptage
- épreuve de lecture de nombres arabes à voix haute
- épreuve de comparaisons symboliques et non symboliques de nombres
- épreuve de lignes numériques

Une généralisation à d'autres épreuves proposées lors du pré-test et du post-test de notre étude peut également être supposée, notamment pour les suivantes :

- épreuve de dénombrement
- épreuve d'additions
- épreuve visant la chaîne numérique

Nous pouvons donc d'ores et déjà apporter un élément de réponse allant dans le sens de notre hypothèse selon laquelle les enfants qui joueront à des jeux de plateau amélioreront leurs performances numériques de façon significative puisque les résultats présentés précédemment vont dans ce sens.

Cependant, l'étude de Ramani et Siegler (2008b) n'évalue les compétences des enfants que sur des numérosités allant de 1 à 10 alors que la nôtre s'intéresse à des numérosités allant jusqu'à 20 pour la ligne numérique, 29 pour la lecture de nombres arabes et 50 pour le comptage. Les résultats ne seront donc pas forcément comparables. De plus, leur recherche n'offrait que quatre sessions d'entraînement réparties sur deux semaines. Or, notre étude a offert 16 sessions d'entraînements réparties sur 8 semaines. Ainsi, les enfants participant à notre projet ont reçu quatre fois plus d'entraînement que ceux de l'étude de Ramani et Siegler (2008b). Et donc nous nous attendons à ce que les progrès réalisés par les enfants de notre étude soient plus importants. Nous pouvons également nous attendre à une généralisation des apprentissages aux numérosités supérieures à 10.

### *Entraînement Pré-math*

De la même façon, nous avons pu voir qu'un entraînement spécifique des mathématiques par l'intermédiaire d'un logiciel informatique permettait de développer des capacités dans certains domaines. L'étude de Sella et al. (2016) a permis de mettre en évidence des progrès dans les tâches suivantes : représentation spatiale des numérosités par le placement de nombres sur une ligne numérique mentale, comparaison de quantités et de nombres arabes et calcul mental. Nous pouvons donc supposer que des progrès similaires seront retrouvés dans notre étude pour les épreuves suivantes :

- épreuve de comparaisons symboliques et non symboliques de nombres
- épreuve de lignes numériques
- épreuve d'additions

En revanche, si nous nous basons sur l'étude de Sella et de ses collègues, nous pouvons supposer qu'il n'y aura pas de progrès significatifs aux épreuves suivantes :

- épreuves de comptage
- épreuve visant la chaîne numérique
- épreuve de lecture de nombres arabes à voix haute

L'absence d'une évaluation à distance ne permet pas de mettre en évidence la stabilité des résultats obtenus dans cette étude.

Ainsi, nous pouvons avancer un élément de réponse allant dans le sens de notre hypothèse selon laquelle un entraînement mathématique par l'intermédiaire d'un support informatique permet d'améliorer des compétences numériques. D'autant plus que la méthodologie utilisée dans l'étude de Sella et al. (2016) est assez similaire à la nôtre.

Nous pouvons donc proposer l'idée que les capacités développées à la fois par un entraînement mathématique avec un support informatique et par des jeux de société sont les suivantes : ligne numérique et comparaison de grandeurs numériques. En revanche, certaines compétences semblent être améliorées par le support des jeux de société et non par le support informatique. Il s'agit des capacités de comptage et d'association code arabe/code verbal. Le calcul mental a été amélioré par l'entraînement informatique mais n'a pas été évalué dans l'étude de Ramani et Siegler (2008b), nous ne pouvons donc pas émettre de conclusion à ce sujet.

Les méthodologies employées pour chacune de ces deux études n'étaient pas strictement identiques et nous ne pouvons malheureusement pas affirmer ces conclusions avec certitude.

Ainsi, nous pensons que notre étude permettra d'observer ces éléments de façon plus rigoureuse et donc plus fiable.

### *Discussion générale*

Tout d'abord, concernant les supports utilisés, les activités PC (jeux de société) ont rencontré un certain succès parmi les enfants. Même si leur envie de manipuler les tablettes iPad était indéniable, ils ont montré une motivation marquée pour les jeux PC proposés et ont parfois manifesté une certaine déception lors de la fin des sessions. D'un autre côté, les enfants ayant reçu l'entraînement Pré-math (iPad) ont parfois montré une certaine lassitude face à la redondance des activités proposées. Elles étaient effectivement assez répétitives et nous avons dû, à plusieurs reprises, montrer un entrain exagéré afin de maintenir leur

attention. Tous les supports proposés étaient facilement manipulables et nous n'avons pas eu de difficultés majeures à les faire comprendre ou à les employer.

Concernant les aspects critiquables de cette étude, certains éléments sont à prendre en compte.

La première critique concerne le nombre d'activités réalisées. En effet, lorsqu'un enfant était absent, il n'était pas possible de lui faire rattraper son retard. Ainsi, la séance à laquelle il n'avait pas pu participer était définitivement perdue pour lui. Malheureusement, cela ne constitue pas un cas isolé puisqu'il y avait des absents à presque toutes les séances et dans presque toutes les classes (même s'il ne s'agissait pas forcément des mêmes enfants à chaque fois). De plus, il est arrivé que des classes entières ne reçoivent pas un entraînement en raison de l'absence imprévue d'un enseignant, d'un jour férié ou d'une sortie scolaire. Le nombre d'entraînements idéalement prévu n'a donc pas pu être respecté. Nous avons cependant pris en note ces éléments et, notamment, fait une liste des absents pour chaque session, afin d'en tenir compte lors de l'analyse des résultats.

Idéalement, il aurait fallu que chaque enfant puisse reprendre l'entraînement où il l'avait laissé. Cela aurait donc nécessité de mettre en place des créneaux « de rattrapage » qui n'étaient pas applicables ici, compte tenu du nombre restreint d'intervenants et du temps limité que nous avons à notre disposition.

Concernant la méthodologie, une autre problématique se présente puisque nous ne disposons pas de groupe contrôle. Ce groupe aurait pu bénéficier d'un entraînement éloigné des compétences mathématiques visées (ciblant le langage par exemple). La présence d'un groupe contrôle a pour objectif de solidifier la valeur des résultats en montrant que les progrès obtenus (ou au contraire, l'absence de progrès) ne sont pas liés au développement normal de l'enfant ou aux apprentissages scolaires mais bien à l'entraînement qu'il a reçu. Ainsi, si le groupe entraîné a progressé de façon significative alors que ce n'est pas le cas du groupe contrôle, les résultats obtenus sont solides. Malheureusement, l'absence de groupe contrôle dans ce mémoire, même si elle ne niera pas la validité des résultats obtenus, les rendra plus discutables. Il se pourrait que nos groupes évoluent partout de manière similaire, sans que nous ne sachions si cela est lié à l'entraînement ou non.

Pour conclure sur les biais présents dans cette étude, nous avons été amenées à nous questionner sur l'importance du travail mathématique effectué par les enseignants dans les classes dans lesquelles nous sommes intervenues. Effectivement, suite à notre venue, il semblerait que certains enseignants aient particulièrement investi le domaine mathématique dans leur programme et nous nous demandons si une certaine forme de compétition ne se serait pas développée. Cela signifierait que l'échantillon étudié ne soit plus tout à fait représentatif de la population générale des enfants de cet âge et que les résultats ne seront pas uniquement liés à l'entraînement proposé. Un groupe contrôle visant le langage aurait donc été particulièrement intéressant pour prévenir une telle situation.

Cependant, cette étude demeure au cœur des interrogations actuelles sur l'approche à adopter dans l'enseignement ou la rééducation des mathématiques. Les instituteurs qui nous ont accueillies étaient particulièrement intéressés par ce projet puisqu'il correspond aux

questionnements qu'ils se posent concernant leur approche éducative. Ils se sont montrés pleinement à l'écoute et disponibles tout au long de cette collaboration.

Les résultats que nous obtiendrons permettront également aux orthophonistes d'adapter leur prise en charge selon les difficultés à travailler et offriront un choix plus important dans les outils à disposition lors des rééducations.

Ce mémoire offre également plusieurs pistes de recherches possibles. Notamment la reconduite de l'étude dans différents environnements socioculturels. En effet, il serait intéressant de reproduire cette recherche en tenant compte cette fois-ci du milieu socioculturel dont les enfants sont issus. Ainsi, il faudrait axer le projet sur des écoles appartenant aux réseaux d'éducation prioritaire (REP) mais également sur des écoles situées dans des zones reconnues comme ayant un niveau socioculturel élevé. Ainsi, nous pourrions comparer les effets de chacun des entraînements selon le contexte environnemental dont sont issus les enfants. Une reproduction de cette étude est d'ailleurs déjà prévue pour un prochain projet de mémoire dans des écoles appartenant au REP.

De plus, l'analyse des résultats permettra de cibler chaque notion mathématique tirant un bénéfice des différents types d'entraînement (PC, Pré-Math ou CVS). Il serait donc particulièrement intéressant pour l'enseignement, mais également pour la rééducation orthophonique, de mettre cette étude à profit afin de créer une batterie d'activités. Ces activités reprendraient chaque notion mathématique de base (dénombrement, comptage, comparaison de quantités, ligne numérique, manipulation de la chaîne numérique, calcul mental) et offriraient une piste de travail selon le support le plus adapté par notion. Cela offrirait d'optimiser pleinement l'apprentissage des mathématiques et permettrait aux enfants/patients d'aborder les nombres de façon variée et ludique. Cela pourrait également être employé dans le cadre de la prévention en proposant ce type de matériel au grand public.

## Conclusion

Cette étude avait pour objectif de comparer les effets de différents supports sur les capacités mathématiques précoces présentes chez des enfants de moyenne et grande section de maternelle. Elle avait pour structure le format suivant : pré-test, entraînement, post-test. Un test de contrôle pour vérifier la stabilité des acquisitions est prévu à la rentrée scolaire de septembre 2018. Chaque participant a reçu un entraînement spécifique selon le support qui lui était attribué pour toute la durée des entraînements. L'analyse statistique des résultats faisant l'objet d'un prochain mémoire, nous avons donc étudié les résultats présents dans la littérature. Ces résultats vont dans le sens des hypothèses avancées selon lesquelles :

- les activités réalisées en-dehors du milieu scolaire auraient un impact sur les connaissances mathématiques présentes chez l'enfant
- l'entraînement avec des jeux de société permettrait une amélioration des compétences mathématiques
- l'entraînement sur support informatique permettrait lui aussi une amélioration de certaines compétences mathématiques

En revanche, les données présentes dans la littérature ne vont pas dans le sens de notre hypothèse selon laquelle de bons résultats au test des gnosies lors du pré-test seraient liés à de bons résultats aux épreuves évaluant les compétences mathématiques.

Cette étude se situe au centre des préoccupations actuelles en termes d'enseignement et de rééducation orthophonique. Elle est d'ailleurs en corrélation avec la volonté du ministère de l'Education Nationale d'introduire et de développer le support informatique au sein des écoles afin de favoriser certains apprentissages scolaires.

Elle permettra également d'ouvrir la voie à de futures recherches, notamment concernant les effets de ces supports selon différents environnements socioculturels.

Ainsi, l'importance de cette recherche est indéniable. Elle a été le fruit d'un investissement important, tant de la part des intervenantes que de celle des participants. Nous espérons que les résultats obtenus seront concluants et permettront aux orthophonistes et aux enseignants d'avoir des alternatives à leur disposition concernant les supports utilisés dans l'approche des mathématiques avec les enfants.



## Bibliographie

- Andres, M., Ostry, D., Nicol, F., & Paus, T. (2008). Time course of number magnitude interference during grasping. *Cortex*, *44*, 414-419. doi : 10.1016/j.cortex.2007.08.007
- 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), 1-11. doi : 10.3389/fpsyg.2016.00094
- 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.
- Bugden, S., DeWind, N. K., & Brannon, E. M., (2016). Using cognitive training studies to unravel the mechanisms by which the approximate number system supports symbolic math ability. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *10*, 73-80. doi : 10.1016/j.cobeha.2016.05.002
- Cornu, V., Schilts, C., Pazouki, T., & Martin, R. (2017). Training early visuo-spatial abilities : A controlled classroom-based intervention study. *Applied Developmental Science*, doi : 10.1080/10888691.2016.1276835
- Cornu, V., Schiltz, C., Martin, R., & Hornung, C. (2018). Visuo-spatial abilities are key for young children's verbal number skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, *166*, 604-620.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*, 1-42.
- Duncan, G., Dowsett, C., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A., Klebanov, P., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*, 1428-1446.
- De Smedt, B., Noël, M. P., Gilmore, C., & Ansari, D. (2013). How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills ? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, *2*, 48-55. doi : 10.1016/j.tine.2013.06.001
- Feigenson, L., Libertus, M. E., & Halberda, J. (2013). Links Between the Intuitive Sense of Number and Formal Mathematics Ability. *Child development perspectives*, *7* (2), 74, doi : 10.1111/cdep.12019
- Flombaum, J., Junge, J., & Hauser, M. (2005). Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) spontaneously compute addition operations over large numbers. *Cognition*, *97*(3), 315-325. doi : 10.1016/j.cognition.2004.09.004
- Fuson, K., Richards, J., & Briars, D. (1982). *Children's Logical and Mathematical Cognition* (Charles J. Brainerd).
- Galifret-Granjon, N. (1964). Tests des gnosies digitales. In R. Zazzo, N. Galifret-Granjon & M. Stambak (Eds.), *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant* (pp. 57-85). Neuchatel : Delachaux
- Gerstmann, J. (1940). Syndrome of finger agnosia, disorientation for right and left, agraphia and acalculia : local diagnostic value. *Archives of Neuropsychology and Psychiatry*, *44*(2), 398-408. doi : 10.1001/archneurpsyc.1940.02280080158009
- Gracia-Bafalluy, M., & Noël, M. P. (2008). Does finger training increase young children's numerical performance ? *Cortex*, *44*, 368-375. doi : 10.1016/j.cortex.2007.08.020

- 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). doi : 10.1371/journal.pone.0166685
- 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. doi : 10.1073/pnas.0812142106
- Jordan, K., Suanda, S., & Brannon, E. (2008). Intersensory redundancy accelerates preverbal numerical competences. *Cognition*, *108*, 210-221. doi : 10.1016/j.cognition.2007.12.001
- Jordan, N., Kaplan, D., Raminemi, C., & Locuniak, M. (2009). Early math matters : Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, *45*, 850-867.
- LeFevre, J. A., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B., 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*, *41*(2), 55-66. doi : 10.1037/a0014532
- Long, I., Malone, S., Tolan, A., Burgoyne, K., Heron-Delaney, M., Witteveen, K., & Hulme, C. (2016). The cognitive foundations of early arithmetic skills : it is counting and number judgment, but not finger gnosis, that count. *Journal of Experimental Child Psychology*, *152*, 327-334. doi : 10.1016/j.jecp.2016.08.005
- Mazzocco, M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Preschooler's precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance. *PLOS ONE*, *6*(9). doi : 10.1371/journal.pone.0023749
- Melhuish, E., Sylva, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., Taggart, B., Phan, M., & Malin, A. (2008). Preschool influences on mathematis achievement. *Science*, *320*. doi : 10.1126/science.1158808
- Merton, R. (1968). The Matthew effect in science. *Science*, *159*(3810), 56-63.
- Noël, M. P. (2005). Finger gnosis : a predictor of numerical abilities in children ? *Child Neuropsychology : A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, *11*(5), 413-430. doi : 10.1080/09297040590951550
- 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*, 125-135.
- Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning : working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, *22*(2), 165-184. doi : 10.1016/j.cogdev/2006.09.001
- Suresh, P., & Sebastian, S. (2000). Developmental Gerstmann's syndrome : a distinct clinical entity of learning disabilities. *Pediatric Neurology*, *22*(4), 267-278. doi : 10.1016/S0887-994(99)00157-5
- Ramani, G., & Siegler, R. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing number board games. *Child Development*, *79*(2), 375-394.
- Ramani, G., & Siegler, R. (2009). Playing linear number board games – but not circular ones – improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology*, *101*, 545-460.
- Ramani, G., & Siegler, R. (2011). Reducing the gap in numerical knowledge between low- and middle-income preschoolers. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *32*, 146-159. doi : 10.1016/j.appdev.2011.02.005

- Räsänen, P., Salminen, J., Wilson, A., Aunio, P., & Dehaene, S. (2009). Computer-assisted intervention for children with low numeracy skills. *Cognitive Development, 24*, 450-472. doi : 10.1016/j.cogdev.2009.09.003
- Rugani, R., Regolin, L., & Vallortigara, G. (2007). Rudimental numerical competence in 5-day-old domestic chicks (*Gallus gallus*) : Identification of cardinal position. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes, 33*(1), 21-31. doi : 10.1037/0097-7403.33.1.21
- Sella, F., Tressoldi, P., Lucangeli, D., & Zorzi, M. (2016). Training numerical skills with the adaptative videogame « The Number Race » : A randomized controlled trial on preschoolers. *Trends in Neuroscience and Education, 5*, 20-29.
- Stanovich, K.E. (1986). Matthew effects in reading : some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly, 21*(4), 360-407.
- Wechsler, D., & Naglieri, J.A. (2006). Wechsler Nonverbal Scale of Ability. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*(5), 426-432. doi : 10.1177/0734282908329108
- Wilson, A., Dehaene, S., Dubois, O., & Fayol, M. (2009). Effects of an adaptative game intervention on accessing number sense in low-socioeconomic-status kindergarten children. *Mind, Brain, and Education, 3*(4), 224-234.
- Xu, F., Spelke, E., & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science, 8*(1), 88-101. doi : 10.1111/j.1467-7687.2005.00395.x

## **Liste des annexes**

**Annexe n°1 : Lettre d'information.**

**Annexe n°2 : Questionnaire parental.**

**Annexe n°3 : Consentement.**