



*Département d'Orthophonie
Gabriel DECROIX*

MEMOIRE

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

Mélodie VINCENT

soutenu publiquement en juin 2018 :

Étude comparative de différents supports et de leurs effets quant au développement mathématique en maternelle

Quels sont les impacts des supports employés (tablette ou papier/crayon) sur les compétences numériques d'enfants de moyenne et grande section de maternelle ?

MEMOIRE dirigé par :

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

Remerciements

Je tiens en tout premier lieu à remercier sincèrement Mme Mejias pour avoir su nous encadrer lors de notre mémoire ainsi que pour sa disponibilité, la richesse de ses conseils, sa bienveillance, le travail engagé et son regard avisé qu'elle a su porter sur mon travail tout au long de cette année.

Je suis très reconnaissante envers les écoles dans lesquelles nous sommes intervenues et les enfants qui ont accepté de participer à notre étude.

Je remercie mes maitres de stage pour leur aide précieuse et pour les connaissances qu'elles m'ont transmises.

Je souhaite remercier Aude, Camille, Chloé, Hélène et Virginie pour avoir participé à la mise en pratique de cette étude.

Je remercie particulièrement Aude pour son soutien et surtout sa présence qui a rendu ce travail à la fois riche et amusant. Je remercie aussi Camille pour son aide, sa patience, sa motivation sans faille et sa bonne humeur communicative.

Je souhaite donc les remercier de s'être lancées dans cette sacrée aventure avec moi !

Je voudrais remercier mes amis et tout particulièrement les BSL pour m'avoir permis de passer de si bons moments pendant ces cinq années. Vous avez rendu mes études plus belles, rien n'aurait été pareil sans vous !

Je souhaite remercier ma famille, sans qui rien n'aurait été possible, pour leur soutien inconditionnel et leur patience. Je remercie mes parents de m'avoir permis de réaliser ce cursus et de m'avoir fait confiance.

Enfin, je remercie tout particulièrement mon père, ma mère et ma sœur qui m'ont apportés une aide précieuse en acceptant de relire mon mémoire.

Résumé :

L'essor des tablettes numériques au sein des foyers a changé la manière d'aborder les apprentissages à la maison et au sein des classes. Cette étude cherche à connaître les effets des différents supports, numériques et papier/crayon, sur le développement mathématique et à les comparer. 169 enfants de moyenne et grande section de maternelle issus de la communauté urbaine d'Arras ont participé à l'étude. Ils ont été scindés en trois groupes distincts : « papier/crayon », « capacités visuo-spatiales » et « entraînement pré-mathématiques ». Les enfants ont été testés individuellement afin de connaître leurs compétences mathématiques initiales. Ils ont été entraînés pendant huit semaines et enfin retestés afin de connaître les effets des entraînements. Après la collecte des résultats de cette étude, nous espérons voir une amélioration générale des performances au niveau des capacités mathématiques. Cependant, nous ne nous attendons pas à observer de différences notoires entre les différents supports. L'alliance des deux supports ainsi qu'un entraînement adapté permettrait donc une amélioration des prérequis aux mathématiques.

Mots-clés :

Mathématiques, entraînements, jeux de plateau, tablettes, maternelle

Abstract :

The development of digital tablets in homes has changed the way we approach learnings at home and in classrooms. This study seeks to understand the effects of different media, i.e., digital and paper-and-pencil, on mathematical development and to compare them. 169 children of second and third grades of kindergarten from the urban community of Arras participated in the study. They were divided into three distinct groups : « paper-and-pencil », « visuospatial abilities » and « pre-mathematical training ». The children were tested individually to determine their initial mathematical skills. They were trained for eight weeks and finally retested to apprehend the effects of training. After collecting the results of this study, we hope to see a general improvement in mathematical performance. However, we don't expect to observe any significant differences between the different media. The combination of the two supports as well as an adapted training would allow an improvement of the mathematical prerequisites.

Keywords :

Mathematics, mathematical training, board games, tablet, kindergarten

Table des matières

Introduction.....	1
Contexte théorique, buts et hypothèses.....	2
1. Le développement des acquisitions mathématiques chez l'enfant.....	2
2. Le contexte environnemental.....	3
2.1. Le contexte socio-économique	3
2.2. Le rôle des parents.....	4
3. Les différents supports	6
3.1. Les tablettes électroniques	6
3.2. Les jeux de société.....	10
3.3. Les gnoses digitales.....	11
4. Hypothèses et buts.....	14
Méthode	15
Résultats	20
1. Résultats des questionnaires parentaux.....	20
1.1. Questions générales	20
1.2. Questions axées sur l'utilisation de la tablette à la maison.....	22
1.3. Questions axées sur l'utilisation des jeux de société à la maison.....	23
2. Résultats issus des pré-tests, des entraînements et des post-tests	24
Discussion	25
Conclusion.....	30
Bibliographie.....	31
Liste des annexes	33
Annexe n°1 : Lettre d'information, autorisation parentale et questionnaire parental..	33
Annexe n°2 : Protocole du pré-test et post-test.....	33

Introduction

Depuis quelques années, les appareils électroniques comme l'ordinateur, les consoles de jeux vidéo ou plus récemment les tablettes ont fait leur apparition au sein des foyers. Ces derniers offrent une large palette d'activités ; par exemple, ils permettent à l'utilisateur de jouer, de lire, d'écouter de la musique ou encore de regarder des films. Ils permettent aussi d'être un support d'apprentissage pour les enfants. Les tablettes proposent une base de données quasi illimitée ainsi que de multiples applications très attractives et ludiques pour les enfants. Cela apporte une nouvelle vision de l'apprentissage.

Les jeux de plateau et les jeux de cartes traditionnels, semblent, quant à eux, être de plus en plus délaissés au profit de ces jeux électroniques. Ils représentent pourtant de bons outils pour développer les compétences des enfants, et plus particulièrement les compétences mathématiques étudiées dans ce mémoire.

En effet, les compétences mathématiques se développent dès la plus jeune enfance, et peuvent être influencées par de nombreux facteurs comme l'intelligence, la mémoire de travail, le milieu socio-économique des parents ou encore le rapport aux mathématiques des membres de la famille.

Quels bénéfices apportent les tablettes et les jeux de plateau sur les apprentissages des compétences mathématiques ? Il n'existe actuellement aucune étude qui permette de comparer ces différents supports entre eux.

Dans un premier temps, nous présenterons une revue de littérature sur le développement des habiletés mathématiques, le contexte environnemental dans lequel l'enfant gravite, le rôle des parents ainsi que les différents supports utilisés au sein de cette étude. Nous verrons quelles hypothèses et quels buts peuvent émaner de cette problématique.

Dans un second temps nous présenterons la population, la méthodologie ainsi que la procédure nécessaire à la réalisation de cette étude. Enfin, nous présenterons les résultats de cette étude et leur discussion.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Le développement des acquisitions mathématiques chez l'enfant

Dans notre société actuelle, avoir une connaissance des nombres et de leur signification est devenue fondamentale. En effet, nous nous en servons tous les jours, par exemple, pour lire l'heure et les dates, pour déchiffrer les prix dans les magasins ou encore pour réaliser une recette de cuisine. Il est donc essentiel pour chaque personne d'acquérir des capacités numériques, c'est-à-dire les concepts de base des nombres, afin de pouvoir faire face au monde au sein duquel nous évoluons. Ces capacités numériques apparaissent très tôt chez l'homme. Selon Starkey et Cooper (1980), les nourrissons sont capables de discriminer, de se représenter et de se rappeler d'un petit nombre d'objets. Dans leur étude de 1980, Starkey et Cooper ont cherché à démontrer, chez les nourrissons de 22 semaines, l'existence de compétences pour percevoir et se représenter un petit nombre d'objets grâce à l'utilisation d'un paradigme de fixations visuelles dans une procédure d'habituation-déshabituaiton. 72 nourrissons de 4 à 6 mois ont été habitués à regarder des matrices contenant soit 2, soit 3 points. Les numérosités 2 et 3 sont utilisées car le bébé peut discriminer ces petites quantités. Par la suite, les chercheurs ont présenté aux nourrissons un tableau post-adaptation contenant un nombre de points différents : soit 4 soit 6 points. Les numérosités 4 et 6 sont utilisées comme quantité contrôle car elles ne sont pas discriminées par ce dernier. Grâce à la procédure d'habituation-déshabituaiton, les résultats de cette étude ont permis de mettre en évidence qu'à partir de 22 semaines, le nourrisson est sensible au changement de numérosités jusqu'à 4. Il est donc capable de discriminer de petites quantités. Par ailleurs, Wynn (1992) a proposé à des nourrissons des opérations dont la réponse était soit possible, soit impossible. Ainsi, deux Mickeys ont été placés sur une scène devant l'enfant puis un écran est venu les cacher. Un des deux Mickeys a alors été retiré de la scène sans que l'enfant le voie. Lorsque l'écran s'est baissé, l'enfant a pu découvrir la scène au résultat impossible (un Mickey a disparu). Les résultats de cette étude montrent que l'enfant regarde plus longtemps la scène avec un seul Mickey, c'est-à-dire lorsque l'opération est impossible (ici $1+1=1$). Cela suggère que l'enfant s'attendait à voir un autre résultat. Cette expérience confirme l'existence de capacités à calculer de manière exacte des opérations simples chez les nourrissons : à cet âge, ils possèdent donc déjà des capacités numériques.

D'après Obersteiner et ses collaborateurs (2013), les théories de la psychologie et de l'enseignement des mathématiques préconisent deux approches pédagogiques pour développer les représentations mentales des nombres chez les enfants : l'approche « exacte » qui se concentre sur le développement du système numérique exact et l'approche « approximative » qui se concentre sur le développement du système numérique approximatif. Dehaene (1992) a élaboré un modèle qui rassemble ces deux systèmes numériques : le triple code de Dehaene (figure 1).

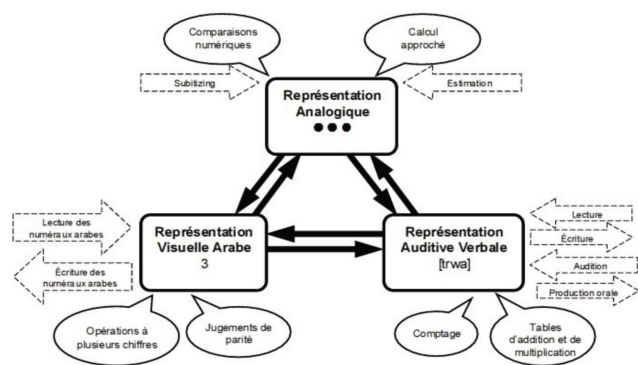


Figure 1 : Triple code de Dehaene (d'après Dehaene, 1992)

La première représentation correspond à la représentation non-symbolique (ou analogique), caractérisée par la comparaison, l'estimation et le calcul approximatif ; elle se développe de manière innée. La seconde représentation correspond à la représentation visuelle arabe (les nombres arabes), caractérisée par les opérations à plusieurs chiffres et le jugement de parité. La dernière représentation correspond à la représentation auditive verbale, caractérisée par le comptage et les faits arithmétiques. Les représentations auditive verbale et visuelle arabe sont des représentations symboliques. Elles sont propres à chaque culture et leur acquisition se fait grâce à un apprentissage. Cet apprentissage peut être soit explicite (apprentissage) soit implicite (par l'intermédiaire de jeux ou par interaction avec l'environnement). Ces trois représentations sont en interaction constante.

Il est important de développer ces représentations afin d'avoir de bonnes connaissances numériques et de pouvoir manipuler les nombres et les mathématiques aisément. Obersteiner et ses collaborateurs (2013) soutiennent le fait que, grâce à l'enseignement formel des capacités numériques, les enfants sont censés développer davantage les représentations mentales des nombres. Ces représentations sont considérées comme fondamentales pour une réalisation arithmétique d'ordre supérieur.

2. Le contexte environnemental

2.1. Le contexte socio-économique

Lors de l'entrée à l'école maternelle, les enfants présentent déjà des différences individuelles au niveau de leurs compétences mathématiques (Aunola & al., 2004). En effet, plusieurs facteurs jouent un rôle important dans l'acquisition de ces compétences numériques précoces ; le contexte socio-économique en fait partie.

Une étude menée par l'équipe de Starkey (2004) portant sur l'apprentissage mathématique au sein du contexte familial, indique qu'il existe des différences de connaissances mathématiques liées au milieu socio-économique. Les chercheurs ont choisi d'effectuer un balayage exhaustif des connaissances mathématiques informelles des enfants issus de niveaux socio-économiques faible et moyen avant l'entrée en maternelle. Les activités informelles sont des activités qui se basent sur la manipulation et la représentation d'objets concrets et non sur les représentations arabes des nombres. Cent soixante-trois enfants admissibles en maternelle l'année suivante ont bénéficié d'un pré-test, d'une session

d'entraînement (à la maison et en classe) et d'un post-test. Après comparaison des résultats des pré-tests, les enfants n'ayant pas encore commencé l'entraînement présentaient un écart d'environ sept mois en matière de connaissances mathématiques en fonction de leur milieu socio-économique. Les résultats des tests pilotes de Ramani et Siegler (2011) confirment les résultats de Starkey et ses collègues (2004). En effet, il existe une différence d'environ huit mois entre les enfants issus de milieu socio-économique faible et les enfants issus de milieu socio-économique moyen. Ces résultats montrent que les enfants issus d'un milieu socio-économique moyen ont plus de connaissances mathématiques que les enfants issus d'un milieu socio-économique faible. Le milieu socio-économique des parents semble donc être un facteur non négligeable du développement des capacités numériques. Les études de l'équipe de Starkey et Ramani et Siegler appuient les conclusions de l'étude de Jordan (2006). Ce dernier a démontré que les enfants issus d'un milieu socio-économique faible ont des capacités numériques plus faibles que leurs pairs issus d'un milieu socio-économique plus élevé pour des tâches de comptage, d'addition, de soustraction et de comparaison de grandeurs.

Toutefois, les performances plus faibles des enfants issus d'un milieu socio-économique bas peuvent être améliorées grâce à un entraînement. En effet, Ramani et Siegler (2011) postulent que les enfants issus d'un milieu socio-économique bas bénéficiant d'entraînements apprennent autant, voire plus que les enfants issus d'un milieu socio-économique plus élevé. Dans la deuxième expérience de leur étude, Ramani et Siegler ont comparé l'apprentissage mathématique des enfants issus d'un milieu socio-économique faible à ceux issus d'un milieu socio-économique moyen voire supérieur. Cet apprentissage s'est réalisé à l'aide d'un jeu de plateau linéaire. 66 enfants de 4 ans à 5 ;5 ans issus d'un milieu socio-économique faible et 66 enfants de 3 ;5 ans à 4 ;8 ans issus d'un milieu socio-économique moyen à connaissances mathématiques égales ont reçu respectivement 5 sessions d'entraînement. Les résultats de leurs tests (réalisés lors de la première et de la dernière session d'entraînement) suggèrent que les enfants issus d'un milieu socio-économique faible ont plus appris que les enfants issus d'un milieu socio-économique plus élevé. On observe des gains significatifs pour les épreuves de comptage et d'identification numérique pour tous les enfants, mais seuls les enfants issus d'un milieu socio-économique faible ont fait des progrès pour l'épreuve de comparaison de numérosités et d'arithmétique. En revanche, si le retard présent en maternelle n'est pas pallié, il est susceptible de perdurer tout au long de la scolarité. Ramani et Siegler (2011) affirment qu'il peut se résorber rapidement et de manière conséquente grâce à des activités formelles et informelles.

Starkey et ses collaborateurs (2004) ont émis l'hypothèse qu'un enfant issu d'une famille avec un niveau socio-économique faible serait moins aidé par ses parents qu'un enfant issu d'un milieu socio-économique plus élevé. Le contexte socio-économique ainsi que le rôle des parents dans l'éducation mathématique de leur enfant sont donc étroitement liés et semblent très importants.

2.2. Le rôle des parents

Le rôle des parents dans l'éducation mathématique de leur enfant scolarisé en classe de maternelle fait l'objet de nombreuses études. Une étude longitudinale a montré que l'attitude des enfants vis-à-vis des mathématiques était davantage influencée par les croyances de leurs parents concernant leurs capacités (Parsons, Adler & Kaczala, 1982). Benavides-Varela et ses collaborateurs (2016) complètent les propos de l'équipe de Parsons et suggèrent que le développement de certains concepts numériques de base est associé à la quantité d'informations numériques acquises à la maison et à la fréquence avec laquelle les enfants jouent à des activités axées sur les mathématiques au sein de leur environnement familial. Le discours de l'équipe de Benavides-Varela a permis d'étayer les propos de LeFevre (2009) qui affirme que les expériences à la maison se révèlent être des indicateurs importants du développement de la numérosité. Ces habiletés numériques peuvent être développées par le biais d'activités directes (comptage, reconnaissance de chiffres) ou indirectes (jeux de cartes, jeux de société, réalisation d'une recette de cuisine, participer aux courses).

LeFevre (2009) a proposé aux parents de 146 enfants inscrits en classe de petite et moyenne section de maternelle de remplir un questionnaire concernant leurs habitudes familiales. Ce questionnaire recensait la fréquence à laquelle les parents jouaient avec leur enfant à des activités portant sur l'alphabétisation (directe ou indirecte), sur les nombres et sur la motricité fine au sein de l'environnement familial. Les résultats démontrent, en accord avec l'étude de Blevins-Kabe et ses collaborateurs (2000), que les activités de lecture sont pratiquées plus fréquemment que les activités numériques. De plus, la fréquence à laquelle les parents proposent une activité axée sur les mathématiques à leur enfant est en corrélation avec leurs propres performances mathématiques. En effet, les enfants ayant des parents avec un haut niveau d'éducation ainsi qu'un bon niveau en mathématiques ont des connaissances mathématiques plus élevées. Par ailleurs, si l'on s'intéresse plus particulièrement aux activités numériques, les résultats suggèrent qu'une fréquence élevée d'activités indirectes permet aux enfants d'avoir une meilleure performance mathématique. Nous supposons donc que la fréquence d'activités directes ou indirectes proposée à la maison joue un rôle prépondérant dans la mise en place des compétences numériques chez l'enfant. Ces éléments sont soulignés par Benavides-Varela et son équipe de chercheurs (2016) qui soutiennent que la quantité d'informations numériques apprise à la maison est un bon prédicteur des performances des enfants. En effet, Benavides-Varela et ses collaborateurs ont voulu connaître les effets de l'exposition indirecte aux mathématiques en se concentrant sur la relation entre les activités au sein de la famille et les compétences acquises dans chacun des systèmes représentatifs sous-jacents à la performance mathématique. 110 enfants âgés d'environ 5 ;9 ans, scolarisés en grande section de maternelle et ne présentant aucune difficulté d'apprentissage ont participé à l'étude. Les chercheurs ont administré aux participants une batterie de tâches numériques comprenant des épreuves portant sur la représentation approximative (comparaison de magnitudes), sur les représentations exactes (comptage, correspondance biunivoque), sur la capacité à résoudre des problèmes arithmétiques dans les situations de vie quotidienne ainsi qu'une évaluation de la mémoire verbale à court terme. En parallèle, un questionnaire a été donné aux enfants afin d'évaluer les informations numériques apprises en dehors du système scolaire (les dates de naissance des membres de la famille et le nombre de frères et sœurs qu'ils possèdent par exemple). Le même questionnaire a été donné aux parents afin de vérifier les réponses de leur enfant et de collecter des informations sur les activités entreprises à la maison. Les résultats indiquent que l'acquisition précoce d'informations numériques dans l'environnement familial prédit de manière significative les capacités de

l'enfant à résoudre des problèmes arithmétiques dans les situations de la vie quotidienne. Benavides-Varela et ses collaborateurs (2016) suggèrent que les concepts mathématiques précoces associés à des représentations exactes et non approximatives peuvent être améliorés lorsque l'apprentissage de l'information numérique se fait au travers d'activités pratiquées à la maison. Les résultats montrent que l'information numérique apprise à la maison a un effet significatif sur la capacité de comptage des enfants.

Il semble donc fondamental de ne pas négliger l'apprentissage mathématique au sein de l'environnement familial. Ces propos corroborent la pensée de Starkey et ses collègues (2004) ; en effet, il semble nécessaire de fournir un enrichissement mathématique à tous les enfants de maternelle et plus particulièrement aux enfants issus d'un milieu socio-économique faible qui reçoivent un soutien minimal au sein de leur environnement familial. Cet enrichissement mathématique peut se faire au travers de différents supports d'apprentissage comme le support numérique, les jeux de société ou les activités manuelles.

3. Les différents supports

3.1. Les tablettes électroniques

Les supports informatiques ont changé la façon dont nous interagissons avec l'information. Les ordinateurs et les téléphones portables sont davantage utilisés au détriment des livres (Christakis & al., 2004). En effet, Christakis et ses collaborateurs affirment que les enfants de moins de onze ans passent désormais un peu plus de deux heures par jour devant les écrans. C'est donc naturellement que les supports électroniques ont intégré les écoles et les cabinets orthophoniques. La tablette peut être utilisée comme un outil informel différent des jeux de société afin de développer les capacités numériques et influencer les premières connaissances numériques. Certains jeux vidéo sont conçus pour enseigner le comptage, l'arithmétique et d'autres compétences mais ne représentent qu'un faible pourcentage des jeux disponibles (Ramani & Siegler, 2008). Ce sont des supports ludiques et attrayants qui offrent un large choix d'utilisation. Des applications ainsi que des logiciels sont développés pour aider et entretenir l'apprentissage des enfants (Räsänen & al., 2009). De plus, les jeux informatiques permettent de créer des entraînements répétitifs et personnalisés en évaluant constamment la performance et en adaptant la difficulté de la tâche (Wilson & al., 2009). Räsänen et ses collaborateurs (2009) complètent les propos de l'équipe de Wilson (2009) en indiquant que les logiciels permettent de présenter des stimuli très étroitement contrôlés dans un format divertissant avec suffisamment de redondances.

Dans leur étude, Wilson et ses collègues (2009) ont souhaité observer les effets du logiciel « The Number Race ». C'est un logiciel reposant sur quatre principes : renforcer le sens du nombre, consolider les liens entre les représentations du nombre, conceptualiser et automatiser l'arithmétique ainsi que maximiser la motivation. Il utilise la zone proximale de développement de chaque utilisateur. C'est une zone dans laquelle l'utilisateur peut réussir une tâche avec aide. Dans ce jeu, l'enfant aura donc toujours 75% de réussite. L'objectif de cette étude était de déterminer si « The Number Race » pouvait stimuler le sens du nombre et/ou son accès chez des enfants issus d'un milieu socio-économique faible grâce à la comparaison des résultats des tests symboliques et non symboliques. 53 enfants âgés de 4 à 6 ans scolarisés en grande section de maternelle au sein d'une école intégrée dans un réseau

d'éducation prioritaire ont participé à l'étude. Deux groupes ont été créés aléatoirement. Ils ont été évalués sur le sens du nombre avant, au milieu et après l'étude. Lors de la première partie de l'étude, le premier groupe d'enfants a utilisé le logiciel « The Number Race » et le deuxième groupe un logiciel de lecture. Lors de la seconde partie de l'étude, les deux groupes ont été amenés à changer de logiciel. Chaque enfant a bénéficié de six sessions avec le logiciel « The Number Race » et de quatre sessions avec le logiciel de lecture. Les sessions ont duré environ 20 minutes. Les résultats de cette étude montrent une amélioration des performances numériques sur des tâches servant à évaluer le sens du nombre (subitizing et comparaison) au sein des deux groupes. La comparaison numérique non symbolique, elle, ne montre pas d'améliorations significatives. Cela suggère que le logiciel « The Number Race » permet une amélioration des performances sur les tâches de comparaisons numériques symboliques traditionnellement utilisées pour mesurer le sens du nombre. Pour le groupe ayant d'abord utilisé le logiciel « The Number Race », on observe une durabilité des effets bénéfiques apportés par le logiciel. En effet, les améliorations sont encore visibles six mois après. Les performances initiales des enfants étant faibles, les bénéfices apportés par ce logiciel ont été d'autant plus importants.

Sella et ses collaborateurs (2016) ont approfondi l'étude de Wilson et ses collègues (2009) en comparant des enfants d'âge préscolaire issus d'un milieu socio-économique moyen. Quarante-cinq enfants ont participé à l'étude. Les enfants se sont vus administrer la « Batteria Intelligenza Numerica » (BIN) avant de participer à une période d'entraînement. La BIN est une batterie de tests permettant d'évaluer les aspects de la comparaison numérique. La ligne numérique (de 1 à 10 et de 1 à 20), le calcul mental (cette épreuve étant initialement conçue pour les enfants d'âge primaire, elle n'a donc été proposée qu'aux enfants les plus âgés) et la capacité de reconnaissance de lettres (utilisée comme variable contrôle) ont aussi été testés. Par la suite, un groupe contrôle de 22 enfants utilisant un jeu de dessin informatique et un groupe de 23 enfants utilisant le logiciel « The Number Race » ont été créés. Les enfants ont été assignés au hasard à l'un des deux groupes. Cependant, les groupes étaient homogènes en termes d'âge, de sexe, de quotient intellectuel (estimé grâce à des épreuves tirées de la WPPSI-III) et des résultats obtenus lors du pré-test dans la tâche de comparaison numérique. Les enfants ont ensuite bénéficié de 10 semaines d'entraînement à raison de 2 sessions de 20 minutes par semaine. Enfin, ils ont été retestés afin de pouvoir comparer les résultats du pré-test et du post-test. Les résultats mettent en évidence d'importantes améliorations dans le placement des nombres sur la ligne numérique chez les enfants ayant utilisé « The Number Race ». On trouve également des améliorations au niveau des tâches de calcul mental et de connaissances syntaxiques et sémantiques. Cependant, on ne retrouve aucune différence entre les deux groupes sur les tâches de comptage et de connaissances lexicales et pré-syntaxiques. Enfin, les résultats non significatifs de l'épreuve de reconnaissance des lettres démontrent, comme souhaité, que l'entraînement n'a pas influencé cette épreuve. Ces résultats suggèrent que les améliorations au niveau des tâches numériques sont spécifiques à l'utilisation du logiciel « The Number Race » et plus précisément pour les tâches de représentation spatiale des nombres et de calcul mental. Le logiciel influence donc positivement et spécifiquement les capacités numériques.

En parallèle à l'étude de Wilson et ses collègues (2009), Räsänen et ses collaborateurs (2009) ont, quant à eux, comparé les logiciels « GraphoGame-Math » et « The Number

Race » chez des enfants de six ans présentant un faible niveau scolaire. Ils ont souhaité comparer l'efficacité des deux approches proposées par ces jeux. « The Number Race » part de la comparaison de modèles de points aléatoires avec une grande différence numérique. Le processus ne nécessite aucune médiation verbale. C'est une approche basée sur l'idée que les compétences numériques se développent à partir de représentations approximatives. Le logiciel « GraphoGame-Math » adopte une approche différente ; il part d'un petit ensemble de points organisés et numériquement proches dont le processus nécessite une connaissance exacte de la quantité recherchée et de sa correspondance avec son étiquette verbale. « GraphoGame-Math » se concentre sur les numérosités et les symboles numériques. Les deux logiciels peuvent adapter leur niveau de difficulté au joueur. Environ 350 enfants issus de 12 écoles différentes et ayant un faible niveau scolaire ont participé à l'étude. Trois groupes ont été créés pour les besoins de l'étude : deux groupes expérimentaux, l'un jouant à « The Number Race » et l'autre à « GraphoGame-Math » ainsi qu'un groupe contrôle ne participant pas aux activités et n'ayant pas de difficultés mathématiques. Les enfants ont été testés deux fois sur une semaine. Le premier test comprenait trois tâches cognitives (bloc de Corsi, répétition de non-mots et dénomination rapide de couleurs) et quatre tâches numériques (comparaison de nombres, comptage verbal, arithmétique et comptage de points). Le deuxième test comprenait les quatre tâches de compétences numériques proposées dans le pré-test et une tâche de contrôle non numérique (tâche de dénomination rapide). Par la suite, ils ont bénéficié d'une séance par jour de 10 à 15 minutes pendant 3 semaines durant le temps scolaire. À la fin de la session d'entraînement ainsi qu'à trois semaines de l'entraînement, les enfants ont de nouveau été testés à l'aide du second test. Les comparaisons respectives des résultats du pré-test et du premier post-test ainsi que du pré-test et du second post-test montrent des améliorations dans la tâche de comparaison pour les groupes « GraphoGame-Math » et « The Number Race », avec un meilleur bénéfice pour le groupe ayant utilisé « GraphoGame-Math ». En revanche, on n'observe aucune différence de gains dans les autres tâches. Enfin, le post-test réalisé juste après les entraînements montre une amélioration significative du groupe « The Number Race » pour les tâches proposant des éléments avec une grande différence. Pour conclure, les résultats de cette étude permettent de mettre en évidence des progrès au niveau des compétences mathématiques pour les deux groupes ayant utilisé le logiciel.

Enfin, Obersteiner et ses collègues (2013) ont proposé une étude expérimentale qui cherchait à comparer l'apprentissage du système exact et l'apprentissage du système approximatif chez les enfants de cours préparatoire (CP). Deux hypothèses ont été soulevées par l'équipe de chercheurs d'Obersteiner. La première hypothèse concernait les différents effets constatés sur les compétences de base du traitement des nombres suivant le système numérique travaillé (approximatif ou exact). La seconde hypothèse concernait les effets de ces systèmes sur la réussite en arithmétique. Pour répondre à ces hypothèses, 147 enfants d'environ 6 ;91 ans issus de 11 classes de 4 écoles primaires ont participé à l'étude. Ils ont été répartis aléatoirement en quatre groupes : le premier groupe a été entraîné sur le système exact des nombres, le deuxième groupe sur le système approximatif, le troisième groupe sur les deux systèmes et le dernier groupe a servi de groupe contrôle. Les enfants ont été pré-testés à l'aide de deux tests : un test informatisé pour évaluer le traitement des nombres de base et un test papier-crayon pour évaluer l'arithmétique. Le test informatisé comprenait des tâches portant sur le traitement des nombres exacts (subitizing et subitizing conceptuel) et sur le

traitement des nombres approximatifs (comparaison de la magnitude, comparaison de nombres, calcul approximatif). Le test arithmétique a été tiré du « Hamburger Rechentest ». C'est un test comprenant 45 items répartis dans 5 sous-échelles (séquence de nombres, addition/soustraction, ligne numérique, ordre des nombres et quel est le nombre précédant/suivant). Chaque enfant a été testé individuellement. Suite au pré-test, ils ont bénéficié de 10 sessions d'entraînement de 30 minutes chacune sur 4 semaines. Pour les besoins de l'étude, deux versions différentes basées sur le jeu « The Number Race » ont été utilisées. La version « approximative », utilisée par le groupe entraîné sur le système numérique approximatif, proposait des tâches de comparaison de nombres. L'enfant devait choisir la plus grande des deux quantités présentées. Selon le niveau de l'enfant, le logiciel proposait des tâches d'estimation et de calcul approximatif à l'enfant. Pour la tâche d'estimation, étaient proposées à l'enfant une quantité à estimer et deux suggestions. Il devait sélectionner la meilleure des deux suggestions. La bonne réponse était la suggestion s'approchant d'une unité de la quantité à estimer, alors que la mauvaise réponse présentait un écart égal ou supérieur à deux unités de la quantité à estimer. Le choix de l'enfant devait être rapide et donc approximatif car il existait une pression exercée par le concurrent piloté par le logiciel. Concernant la tâche de calcul approximatif, une quantité de diamants était proposée sous forme d'addition ou de soustraction. Après avoir résolu le niveau, un second écran apparaissait. À ce moment-là, l'enfant pouvait déplacer son personnage sur un plateau composé de 40 cases. Les carrés du plateau n'étaient pas visibles dans cette version. Le joueur devait donc se fier à des stratégies approximatives pour pouvoir déplacer son personnage à la position souhaitée. La version « exacte », utilisée par le groupe entraîné sur le système numérique exact, proposait des tâches sollicitant le système numérique exact. L'enfant ne pouvait pas utiliser de stratégies approximatives pour pouvoir jouer. Suite à la réussite du niveau, le second écran proposait des ensembles de cinq carrés. L'enfant pouvait donc se baser sur cette structure pour déplacer son personnage. Il n'avait pas besoin d'utiliser de stratégies approximatives pour trouver la case demandée. Le groupe témoin a été entraîné sur le logiciel linguistique « Oriolus ». Suite aux 10 semaines d'entraînement, les enfants ont de nouveau été testés grâce aux mêmes épreuves que le pré-test. Les résultats montrent une amélioration pour les tâches liées aux représentations exactes pour le groupe entraîné sur le système numérique exact. Parallèlement, le groupe entraîné sur le système numérique approximatif a vu sa performance augmenter sur les tâches impliquant des représentations approximatives. Pour les deux groupes, il n'y a pas eu d'amélioration pour le système non travaillé. Ces résultats montrent qu'il n'y a pas eu d'effet de croisement et que ces deux systèmes sont bien distincts. Les trois groupes utilisant le logiciel « The Number Race » ont augmenté leurs résultats sur la compétence arithmétique. Toutefois, les deux groupes utilisant exclusivement une seule version du logiciel, et donc entraînant un seul système à la fois, ont progressé plus significativement que le groupe utilisant conjointement les deux versions du logiciel.

Ces études, malheureusement trop peu nombreuses, ont permis de démontrer des améliorations des performances arithmétiques grâce aux logiciels informatiques mais qu'en est-il des entraînements réalisés avec de jeux de société ?

3.2. Les jeux de société

Les jeux de société ou jeux de plateau sont des activités qui permettent de travailler indirectement les habiletés mathématiques. Ils peuvent être utilisés à la maison. Ce type d'activités permet de créer des liens entre la famille et de les renforcer. De plus, il est facile de créer des jeux de plateau, ils sont simples d'utilisation et sont peu coûteux (Ramani & Siegler, 2011). Les activités peuvent être formelles (liées à une approche explicite de la numérosité) ou informelles (l'apprentissage des capacités numériques se fait de manière implicite comme lorsque nous jouons aux cartes). Malgré l'aspect positif des jeux de société, la fréquence à laquelle les parents jouent à ces jeux avec leur enfant est moins élevée que la fréquence à laquelle les parents lisent des histoires à leur enfant. Cette différence est sûrement due à une volonté de prioriser l'apprentissage du français aux dépens des mathématiques à travers les jeux de société (LeFevre & al., 2009).

Ramani et Siegler (2008) ont émis l'hypothèse, dans l'expérience 1 de leur étude, que jouer à des jeux de société avec des numérosités présentées de manière linéaire améliorerait les connaissances numériques des jeunes enfants. 124 enfants de 4 ;1 ans à 5 ;5 ans issus d'un milieu socio-économique faible ont été placés aléatoirement dans deux groupes. Le premier groupe, composé de 68 élèves, a été entraîné avec un jeu de société contenant des numérosités de 1 à 10 placées linéairement. Le deuxième groupe, composé de 56 enfants, a été entraîné avec un jeu de société composé de carrés de couleurs. Chaque groupe a été stimulé au sein de sa classe à raison de 4 sessions de 15 à 20 minutes pendant 2 semaines. Les enfants ont joué une vingtaine de fois au cours de ces quatre sessions. Au début de la première et la quatrième session d'entraînement, les enfants ont été testés à l'aide de quatre tâches administrées dans un ordre précis : une tâche de comptage, une tâche d'estimation de la ligne numérique, une tâche de comparaison des grandeurs et une tâche d'identification numérique. Les enfants ont également été vus neuf semaines plus tard afin d'être de nouveau testés. Les résultats de cette étude montrent des améliorations significatives dans les tâches de comptage, de comparaison numérique, d'estimation de la ligne numérique et d'identification numérique pour le groupe entraîné avec le jeu de plateau contenant les numérosités de 1 à 10. Aucune amélioration n'a été remarquée pour le groupe entraîné avec le jeu de plateau contenant les carrés de couleurs. Les résultats du post-test effectué neuf semaines plus tard montrent un effet durable des entraînements. Ramani et Siegler (2011) ont complété leur première étude et ont comparé l'impact du jeu de plateau linéaire et du jeu de plateau circulaire chez des enfants de 3 ;5 ans à 4 ;8 ans issus d'un milieu socio-économique moyen à supérieur. 88 enfants ont été répartis aléatoirement dans 3 groupes différents. Le premier groupe, composé de 30 enfants, a été entraîné avec un jeu de plateau linéaire, le deuxième groupe, composé de 29 enfants, a été entraîné avec un jeu de plateau circulaire et le dernier groupe, le groupe contrôle, composé de 29 enfants, a bénéficié d'un entraînement sur les activités numériques. Chaque groupe a participé à 5 séances d'environ 20 minutes pendant 3 semaines. Ces séances ont eu lieu au sein de la classe ou dans une salle à proximité. Avant la période d'entraînement, un pré-test a été proposé aux enfants. Il était composé de cinq tâches : une tâche d'estimation de la ligne numérique, une tâche de comparaison de la magnitude, une tâche de comptage, une tâche d'identification numérique et une tâche de résolution de problèmes d'addition. À la fin de la quatrième session d'entraînement, les enfants ont de nouveau été testés à l'aide de quatre des

tâches tirées du pré-test (la tâche de résolution de problèmes sera administrée ultérieurement). La session cinq a permis aux enfants d'être entraînés à la résolution de problèmes d'addition. A l'issue de cette session, les enfants ont été testés grâce à la tâche de résolution de problèmes d'addition. Lors des sessions d'entraînement, les enfants du groupe contrôle, ont reçu trois types d'activités : une activité portant sur le comptage d'objets, une activité portant sur l'identification numérique et une activité portant sur le comptage de la chaîne numérique. Les résultats de l'expérience 1 de cette étude montrent que jouer à des jeux de société composés d'un plateau linéaire améliorent les connaissances numériques des enfants de trois et quatre ans issus d'un niveau socio-économique moyen à élevé comparé aux jeux de plateau circulaire. Cela suggère qu'une représentation plus directe entre le plateau linéaire et la représentation numérique mentale aide les enfants à apprendre davantage sur les grandeurs numériques, même si le bénéfice est moins important pour les tâches ne mesurant pas directement la comparaison des grandeurs numériques. Les améliorations se sont étendues à l'estimation de la ligne numérique, à l'identification numérique et à la capacité à résoudre des problèmes composés d'additions. Le groupe entraîné avec le jeu de plateau linéaire a systématiquement présenté de meilleurs résultats que les deux autres groupes. Cependant, le groupe entraîné avec le jeu de plateau circulaire a amélioré de manière plus significative ses capacités au niveau des tâches d'identification numérique et de résolution de problèmes comprenant des additions comparativement au groupe contrôle. Nous pouvons donc affirmer que jouer à des jeux de société à la maison influence les connaissances numériques dans la petite enfance. En effet, cela améliore la performance des tâches reposant sur des représentations exactes et approximatives chez les enfants issus d'un milieu socio-économique bas (Ramani & Siegler, 2008).

Ces études apportent la preuve qu'il existe une corrélation entre la fréquence à laquelle les enfants jouent aux jeux de société et leurs connaissances des informations liées au nombre et leur capacité de comptage (Ramani & Siegler, 2008; LeFevre & al., 2009).

3.3. Les gnosies digitales

Il est fréquent de voir les enfants utiliser leurs doigts lors de tâches de calculs simples. Effectivement, l'utilisation des doigts joue un rôle important dans le développement des capacités de comptage de calcul (Butterworth, 2005). Reeve et Humberstone (2011) ont proposé une expérience portant sur la reconnaissance des doigts et leur utilisation dans la résolution de calculs à un chiffre à 30 enfants de grande section de maternelle et 35 enfants de CP âgés de 5 à 7 ans. Chaque enfant devait posséder une bonne vision et être tout-venant. Pendant quatre jours, chaque enfant a été testé individuellement dans une pièce au calme sur cinq tâches. Le premier jour, l'épreuve des blocs de Corsi (des blocs sont positionnés de manière aléatoire sur un panneau. Initialement, l'expérimentateur montre successivement deux blocs dans un ordre précis. C'est ensuite au participant de reproduire la série. Lorsque la série est répétée avec succès, le nombre de blocs montré par l'examineur augmente. L'épreuve des blocs de Corsi est une épreuve de mémoire visuo-spatiale), une tâche de temps de réaction de base (des stimulations sont présentées sur un ordinateur : un point de fixation est présenté à l'écran, 500 à 1000 millisecondes après, une cible noire apparaît sur l'écran. L'enfant doit appuyer sur une touche dès que la cible apparaît) ont été administrées. La main

dominante de l'enfant a aussi été déterminée le premier jour à l'aide de trois tâches (l'avis de l'enseignant, la main utilisée par l'enfant pour ramasser et donner un objet à l'expérimentateur et la main qu'utilise l'enfant pour écrire). Selon les enfants, les matrices de Raven (36 motifs dans lesquels une partie est manquante sont montrés à l'enfant. Il doit compléter le motif en choisissant parmi six options possibles. C'est une épreuve de raisonnement non verbal), une épreuve d'additions simples à un nombre (ASN) (30 problèmes ont été proposés) et une épreuve de gnosies digitales (les mains de l'enfant sont placées dans une boîte. Il n'a pas d'accès visuel à ses mains contrairement à l'expérimentateur. L'expérimentateur lui touche un de ses doigts et montre ensuite sur un schéma posé à côté de l'enfant un doigt. Ce dernier doit dire s'il s'agit du même doigt ou non) ont été administrées le deuxième, le troisième ou le quatrième jour. Chaque session a duré entre 10 et 20 minutes. Suite aux analyses des résultats, deux groupes ont été identifiés : le groupe de gnosies digitales et le groupe ASN. Ils ont été déterminés grâce à une classification basée sur les probabilités. Ces groupes rassemblaient des enfants qui partageaient des caractéristiques similaires. Deux sous-groupes de gnosies digitales ont été déterminés grâce aux réponses données lors de l'épreuve de gnosies digitales : un sous-groupe possédant de bonnes capacités de gnosies digitales et un sous-groupe possédant de faibles capacités de gnosies digitales. Deux sous-groupes ASN ont été déterminés grâce à la précision de la résolution des problèmes et l'utilisation des doigts dans le calcul : un sous-groupe présentant de bonnes capacités de calcul et un sous-groupe possédant de faibles capacités de calcul. Ces groupes ont été créés afin de déterminer s'il existe une relation entre les gnosies digitales, l'utilisation des doigts dans le calcul et les capacités visuo-spatiales. Les résultats de cette étude montrent une forte relation entre les deux groupes. Par ailleurs, les résultats suggèrent que les représentations des gnosies digitales changent entre 5 et 7 ans grâce à l'utilisation des doigts dans le calcul. En effet, les enfants présentant une mauvaise représentation digitale sont plus représentés dans le groupe ASN à faibles capacités. A contrario, les enfants présents dans le sous-groupe possédant de bonnes capacités de calcul sont aussi classés dans le sous-groupe possédant de bonnes gnosies digitales. Cela suggère donc qu'une pauvre utilisation des doigts dans les calculs est associée à une faible performance arithmétique. Il s'avère que ces résultats sont en adéquation avec les résultats des recherches antérieures (Fayol, Barrouillet & Marinthe, 1998; Noël, 2005). En effet, Fayol et ses collègues (1998) ont réalisé une étude longitudinale cherchant à démontrer si les performances des enfants de cinq à six ans en tests arithmétiques peuvent être prédits à l'aide de tests neuropsychologiques administrés indépendamment de leur niveau de développement. 177 enfants ont participé à cette étude. Deux séries de tests ont été administrées à huit mois d'intervalle. La première série de tests était composée d'un test neuropsychologique, de deux tests de dessin et d'exercices arithmétiques. Les tests neuropsychologiques et les tests de dessin ont permis une évaluation globale du niveau de développement de chaque enfant. La deuxième série de test était uniquement composée d'exercices arithmétiques. Les tests arithmétiques étaient proposés à la fin de l'école maternelle et au milieu de l'année de CP. Lors des tests effectués en maternelle, les enfants devaient écrire tous les nombres qu'ils connaissaient, compléter six séries de nombres, identifier la valeur cardinale d'objets grâce à différentes propositions et résoudre trois problèmes à l'oral, grâce à des propositions de réponses données par l'examinateur. Les tests administrés en CP étaient composés de trois tâches : une tâche de dictée de nombres avec des séries de nombres à compléter, une tâche de résolution de problèmes avec des opérations à trous ou des opérations à deux chiffres et une tâche de résolution de problèmes. Le test

neuropsychologique a permis de tester la simultagnosie, les gnosies numériques, la discrimination numérique et la graphiesthésie. Les résultats de cette étude montrent une corrélation entre les performances des tests neuropsychologiques et les performances arithmétiques chez une population âgée de cinq à six ans. Des résultats plus approfondis montrent qu'une mauvaise performance en arithmétique est associée à une mauvaise performance au niveau des gnosies digitales. Les sous-tests de la batterie permettent de prédire les scores en mathématiques des enfants un an plus tard.

L'objectif de l'étude de Noël (2005) était de confirmer le pouvoir prédictif des gnosies digitales sur les compétences mathématiques ultérieures, mis en évidence dans l'étude de Fayol. Cette étude visait à améliorer notre compréhension de la relation entre les gnosies digitales et les compétences numériques. 45 enfants scolarisés au début du CP ont été testés (phase 1) dont 41 ont été retestés 15 mois plus tard (phase 2), en cours élémentaire de cycle 1 (CE1). Lors de la première phase de test, les enfants ont été testés sur deux tâches évaluant le développement global, une tâche évaluant les gnosies digitales et une tâche évaluant un autre symptôme de la constellation de Gerstmann (le syndrome de Gerstmann est un trouble caractérisé par l'association d'une acalculie, d'une agnosie digitale, d'une désorientation droite/gauche et d'une agraphie). Lors de la seconde phase de l'étude, les enfants ont été évalués sur une série de tâches de calcul et de traitement numérique (comparaison des grandeurs de collection et de chiffres arabes, transcodage, etc.) ainsi que sur une tâche de lecture de mots. Les résultats démontrent que les enfants moins capables d'identifier, à l'aide d'un contrôle visuel, les doigts que l'expérimentateur leur a touchés, ont tendance à produire plus d'erreurs et à être plus lents dans les tâches numériques 15 mois plus tard. Cependant, le test de gnosies digitales semble moins efficace lors de la phase 2 pour prédire les capacités numériques. Ces résultats confirment les résultats de Fayol et ses collaborateurs (1998) en affirmant qu'entre 5 et 7 ans, les gnosies digitales sont un bon prédicteur des capacités numériques. En revanche, le test de gnosies digitales ne permet pas de prédire les capacités d'apprentissage de manière générale. En effet, il est non significatif pour les capacités de lecture. Les gnosies digitales sont donc un prédicteur spécifique des capacités numériques.

Suite à son étude de 2005, Noël s'est associée à Gracia-Bafalluy (2008) pour proposer une nouvelle étude. Ils ont émis l'hypothèse qu'il existe un lien entre les doigts et les nombres. L'utilisation des doigts, en particulier dans l'enfance, semble très importante dans le développement numérique. Les auteurs ont donc souhaité apporter à des enfants de CP un entraînement sur la différenciation digitale en vue d'améliorer leurs performances numériques. Ils ont voulu comparer les capacités numériques des enfants ayant de bonnes capacités de gnosies digitales avec des enfants ayant de mauvaises capacités de gnosies digitales. Ils ont donc cherché à connaître l'impact de l'entraînement sur les gnosies digitales et les capacités numériques. 112 élèves entrant en CP ont été sélectionnés pour cette étude. À partir de cet échantillon, 3 groupes ont été formés ; 33 élèves ayant un faible niveau de gnosies digitales ont été entraînés à la différenciation des gnosies digitales (groupe 1), 33 élèves ayant un faible niveau de gnosies digitales ont été entraînés à la compréhension d'histoires (groupe 2) et 14 élèves avec un bon niveau de gnosies digitales ont été sélectionnés pour former le groupe contrôle. Ces derniers n'ont pas été entraînés. Des tests ont été administrés individuellement à chaque enfant participant à l'étude ; ainsi plusieurs épreuves de gnosies digitales et plusieurs épreuves portant sur le traitement du nombre ont été proposées. Ces tests ont été administrés

avant l'entraînement et deux semaines après. Les enfants ont bénéficié de 2 séances d'intervention de 30 minutes par semaine pendant environ 8 semaines sur le temps scolaire. L'entraînement du groupe 1 consistait à aider les enfants à différencier leurs doigts au niveau de leur sensibilité et de leur mobilité avec une progression visant à augmenter le nombre de doigts impliqués et donc la difficulté. Les deux mains ont été entraînées et quatre jeux différents ont été utilisés. Le groupe 2 a, quant à lui, été entraîné à la compréhension de petites histoires lues par un intervenant. Les enfants de ce groupe ont ensuite été invités à produire une fin possible des histoires entendues. Les deux interventions ont été menées en petits groupes d'environ cinq enfants. En accord avec les études antérieures, les résultats de cette dernière montrent un lien évident entre les gnosies digitales et les compétences mathématiques. Les mesures du post-test indiquent que l'entraînement à la différenciation des gnosies digitales est efficace. En effet, le groupe 1 a obtenu de meilleures performances sur les gnosies digitales que le groupe 2 et le groupe contrôle. Cette étude montre qu'un entraînement de huit semaines aux gnosies digitales conduit à une meilleure performance en subitizing, en comptage des doigts levés et en jugement de l'ordinalité. Cela soutient l'hypothèse du lien fonctionnel entre les gnosies digitales et les capacités numériques.

La reconnaissance et la discrimination des doigts peuvent donc être facilement source d'erreur chez les enfants en maternelle, en particulier chez les enfants ayant un problème d'apprentissage. Travailler les gnosies digitales pourrait donc améliorer indirectement les capacités numériques des enfants (Noël, 2005)

4. Hypothèses et buts

D'après la revue de littérature que nous avons effectuée, nous pouvons formuler différentes hypothèses. Ainsi nous nous attendons à ce que :

- les enfants issus de moyenne et grande section de maternelle améliorent leurs performances mathématiques à l'issue des entraînements,
- l'utilisation des tablettes numériques améliore les habiletés numériques des enfants de maternelle tout comme les jeux de société.

Ce mémoire aura pour but de venir enrichir les études antérieures et d'apporter un nouveau point de vue quant aux bénéfices que peuvent apporter les jeux de plateaux et les tablettes électroniques sur les habiletés numériques des enfants issus de moyenne et grande section de maternelle.

Méthode

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'étude KIDS e-Stim dirigée par Sandrine Mejias maître de conférence à l'Université de Lille. Cette étude vise à déterminer avec quels supports (papier ou numérique) nous pourrions favoriser le développement des prérequis mathématiques chez des enfants de moyenne et grande section de maternelle afin de faciliter les apprentissages mathématiques formels. Dans le cadre de cette étude, nous sommes six étudiantes en orthophonie à avoir participé à la création du protocole. Une fois le protocole achevé, nous nous sommes rendues dans les écoles maternelles, dans un premier temps, pour réaliser les passations des pré-tests puis pour procéder aux séances d'entraînements sur supports papier et numérique. Ce mémoire est donc le commencement de cette étude. En effet, suite à un contretemps administratif nous obligeant à débiter les pré-tests tardivement ; l'analyse des résultats fera l'objet d'un autre mémoire durant l'année universitaire 2018-2019.

Ce projet émane d'une association avec une équipe de chercheurs de l'Université du Luxembourg (ECCS unit, FLSHASE). Il fait suite à leur étude réalisée dans le but de prouver une corrélation positive de l'entraînement des capacités visuo-spatiales sur les performances mathématiques (Cornu et al., 2017). Grâce à leur précieuse collaboration, ces derniers nous ont fourni une application sur support numérique tactile (tablette) proposant une progression d'activités visuo-spatiales et mathématiques qu'ils ont personnellement développée.

L'École Supérieure du Professorat et de l'Éducation de Lille (ESPE) ainsi que l'Académie de Lille ont également collaboré au projet en nous prêtant un nombre important de tablettes tactiles pour réaliser les entraînements.

Pour les besoins de cette étude, une convention a été signée entre l'ESPE, l'Université du Luxembourg, l'Université de Lille ainsi que le Ministère de l'Éducation Nationale.

Enfin, le présent projet a été évalué par le Comité d'Éthique d'Établissement de l'Université de Lille 3. Le Comité ayant émis un avis favorable (2017-1-S55) à la mise en place du projet, une convention a pu être établie entre les différents partenaires. Nous avons obtenu l'approbation des inspecteurs des écoles concernées. La CNIL a autorisé le traitement des données sous couvert du respect de l'anonymat des participants (traitement n° SC20171127-001).

La population de l'étude :

195 enfants âgés de 3,1 ans à 7,2 ans (moyenne d'âge : 5 ;11ans) scolarisés en moyenne et grande section de maternelle dans cinq écoles publiques situées dans la communauté urbaine d'Arras ont participé à l'étude. Ces écoles ont été sélectionnées pour représenter au mieux la population générale française. Elles ne font donc pas partie d'un réseau d'éducation prioritaire et ne sont pas connues pour avoir un niveau d'éducation supérieur à la moyenne nationale.

Pour participer à l'étude, les enfants ont été soumis à plusieurs critères d'inclusion : ils devaient être scolarisés en moyenne ou en grande section de maternelle, avoir comme langue

maternelle le français, ne devaient pas présenter de troubles des apprentissages et les parents devaient avoir rempli et rendu une autorisation parentale. Les enfants absents lors de la période de pré-tests, ont été exclus de l'étude. De plus, trois enfants ont déménagé au cours de l'année. A terme, 169 enfants ont participé à l'étude.

Ces enfants étaient scolarisés dans huit classes ; six classes à double niveau (moyenne section et grande section), une classe de moyenne section et une classe de grande section.

Par souci d'équité ainsi que pour faciliter l'organisation de l'enseignant, tous les enfants de chaque classe ont pu participer aux entraînements, mais seules les données des 169 participants remplissant tous les critères d'inclusion et ayant une autorisation parentale signée seront analysées.

Trois groupes ont été créés avec l'aide des enseignants pour répartir les enfants de manière homogène en termes d'âge, de niveau scolaire et de sexe.

Matériel et procédure :

En première intention, les parents ont reçu de l'enseignant :

- une lettre d'information visant à expliquer l'intérêt de l'étude,
- une demande d'autorisation pour la participation de leur enfant à l'étude,
- un questionnaire afin d'évaluer les habitudes de jeux de leur enfant ainsi que la fréquence d'utilisation de tablettes et de jeux de société au sein du cercle familial (cf. annexe 1).

Suite à cela, les parents pouvaient choisir de faire participer ou non leur enfant à l'étude. Les parents ne souhaitant pas participer à l'étude ne remplissaient pas le questionnaire.

Le questionnaire parental est scindé en trois parties. La première partie du questionnaire interroge les parents sur les activités que leur enfant pratique à la maison (télévision, jeux vidéo, tablette, ordinateur, jeux de société, activités manuelles, etc.), la deuxième partie porte sur l'utilisation des tablettes numériques (l'enfant possède-t-il une tablette ? A quelle fréquence y joue-t-il par semaine ? Pendant combien de temps ? Quels types de jeux apprécie-t-il ? Actuellement, quel est son jeu préféré ?). Enfin, la dernière partie du questionnaire porte sur les jeux de société (A quelle fréquence l'enfant joue-t-il aux jeux de société ? Pendant combien de temps ? Quels sont les types de jeux de société qu'il apprécie ?).

Suite au questionnaire parental, chaque enfant a effectué une série de pré-tests du 15 janvier au 9 février 2018. A l'issue de cette période, nous avons commencé la phase d'entraînement. Nous nous sommes rendues deux fois par semaine durant huit semaines dans chaque école pour proposer des sessions d'entraînement d'environ vingt minutes. Cette période s'est étalée du 15 février au 21 avril 2018. En parallèle de l'étude, les enfants ont suivi un enseignement mathématique proposé par leur enseignant, suivant le programme scolaire.

Au cours du mois de mai 2018, de nouvelles étudiantes du département d'orthophonie de l'Université de Lille assurant la poursuite de la recherche dans le cadre de la réalisation de leur mémoire réévalueront les enfants. Ces post-tests permettront de réaliser des analyses statistiques afin d'évaluer les effets des différents entraînements et de déterminer quel support apporterait le plus de bénéfices sur les capacités mathématiques des enfants de moyenne et grande section de maternelle.

Procédure de la phase des pré-tests :

Les enfants ont été testés individuellement grâce à la batterie d'évaluation des prérequis mathématiques : « Tests KIDS e-Stim 2017 » réalisée en collaboration avec l'Université du Luxembourg (cf. annexe 2). Les passations se sont faites au sein de leur école, dans une salle à proximité de leur classe. Plusieurs enfants ont été testés dans la même salle simultanément mais par des examinateurs différents. Aucun commentaire n'a été donné pendant la passation mais uniquement des éloges et des encouragements.

Onze tâches ont ainsi été proposées et sont détaillées ci-dessous.

1. *L'épreuve de matrice non-verbale tirée de l'Échelle non verbale d'intelligence de Wechsler, WVN, 2006*). Pour cette épreuve, aucune consigne orale n'est donnée aux enfants. Ces derniers doivent trouver l'item manquant parmi cinq propositions. Cet item doit soit compléter une image, soit poursuivre une suite logique de formes.

2. *Une épreuve d'aptitudes visuo-spatiales composée de deux sous-épreuves.*

i. orientation spatiale (subtest de la batterie Developmental Test of Visual Perception 2nde édition (DTVP 2), 1993) : l'enfant doit, dans un premier temps, trouver la forme différente des autres parmi cinq formes proposées. Dans un second temps, l'enfant doit retrouver la forme identique à celle présentée parmi quatre ou cinq autres formes.

ii. relations spatiales (subtest de la batterie DTVP 2, 1993) : l'enfant doit reproduire des figures en reliant des points.

3. *Une épreuve de compétences de comptage composée de quatre sous-épreuves.*

i. comptage libre (jusqu'à 50) : l'enfant doit compter le plus loin possible. L'épreuve s'arrête lorsque l'enfant se trompe ou s'il compte au-delà de 50.

ii. comptage à partir d'un nombre : l'enfant doit compter à partir d'un chiffre donné.

iii. comptage à rebours : l'enfant doit compter à l'envers en commençant par un nombre donné.

iiii. dénombrement : « how many task » : l'enfant doit trouver le nombre de cailloux présentés devant lui.

4. *Une épreuve de lecture de nombres à voix haute.* Cette tâche permet de savoir quelles sont les représentations arabes connues de l'enfant.

5. *Une épreuve de comparaison symbolique et non-symbolique de nombres composée de quatre sous-épreuves.*

i. « motor speed » (Brankaer, Ghesquière & De Smedt, 2017): l'enfant doit barrer le plus vite possible toutes les formes noires. Cette épreuve permet d'évaluer la vitesse motrice de l'enfant.

ii. « one-digit comparison » (Brankaer, Ghesquière & De Smedt, 2017) : une page affichant des paires de nombres compris entre 1 et 9 est présentée à l'enfant. L'enfant a pour but de barrer le plus grand nombre de chaque paire. L'enfant dispose de 30 secondes pour traiter le plus de paires possible.

iii. « two-digits comparison » (Brankaer, Ghesquière & De Smedt, 2017) : cette épreuve est similaire à la première, seules les numérosités diffèrent : elles sont comprises entre 10 et 99.

iiii. « non-symbolic comparison » (Brankaer, Ghesquière & De Smedt, 2017) : une page affichant des paires de carrés contenant des représentations non symboliques à l'intérieur (ici des points de plus ou moins grande taille) est présentée à l'enfant. Il doit barrer la case contenant le plus de points. L'enfant dispose de 30 secondes pour traiter le plus de paires possible.

6. *L'épreuve des gnosies digitales de Galifret-Granjon (Galifret-Granjon, 1958).* L'enfant doit placer sa main droite (puis sa main gauche) dans une boîte ; l'enfant n'a pas d'accès visuel avec sa main. L'examineur effectue une pression sur l'un des doigts de l'enfant, et ce dernier doit, à l'aide de son autre main, montrer quel est le doigt touché par l'examineur.

7. *Une épreuve portant sur la ligne numérique.* Plusieurs lignes numériques de 0 à 20 sont présentées à l'enfant. La première ligne numérique comprend toutes les numérosités de 0 à 20 et sert de support pour expliquer à l'enfant que chaque nombre a une place précise sur cette ligne. Suite à cela, une ligne numérique non graduée est présentée à l'enfant où seuls les nombres 0 et 20 figurent aux extrémités. Il doit alors replacer un nombre écrit en chiffre arabe et verbalisé par l'examineur sur cette ligne numérique. L'épreuve est composée de huit lignes numériques à compléter.

8. *Une épreuve d'additions composée de deux sous-épreuves.*

i. une épreuve d'additions de représentations non-symboliques : les enfants doivent effectuer une addition de deux représentations canoniques de doigts.

ii. une épreuve d'additions de représentations symboliques : les enfants doivent additionner deux nombres arabes entre eux.

9. *Une épreuve de mémoire de travail verbale.* L'enfant doit redonner en ordre inverse une série de noms de couleurs.

10. *Une épreuve de recherche du chiffre manquant.* Cette épreuve évalue la chaîne numérique. Les enfants doivent retrouver le chiffre manquant d'une série de chiffres.

11. *Une épreuve de mémoire visuo-spatiale.* Cette tâche est l'adaptation de l'épreuve de Corsi (Corsi, 1972). Elle représente un ensemble de blocs placés de manière aléatoire sur une feuille. On propose à l'enfant une séquence de blocs grisés et ce dernier doit la reproduire de

mémoire en pointant les blocs avec son doigt. Plus l'enfant réussit, plus la difficulté augmente.

Les épreuves ont été passées de manière aléatoire. Chaque passation a duré environ 45 minutes.

Suite à la passation des pré-tests, trois groupes ont été formés équitablement : un groupe « entraînement pré-mathématiques tablettes » composé de 54 enfants, un groupe « jeux de société » composé de 60 enfants, un groupe « capacités visuo-spatiales » composé de 55 enfants. Chaque groupe a été divisé en sous-groupes et s'avère également représenté au moins une fois dans chaque classe.

Les enfants sont restés dans le même groupe pendant toute la durée de l'étude, ce qui nous permettra de comparer les effets des différents supports.

Les enfants ont bénéficié d'entraînements pendant huit semaines à raison de deux sessions par semaine au sein de leur établissement scolaire. Les groupes ont été animés soit par un étudiant en orthophonie, soit par un enseignant volontaire. Les expérimentateurs ont changé de groupe à chaque session afin d'éviter un biais d'affectivité. Chaque session durait vingt minutes.

Pour les groupes « entraînement pré-mathématiques » et « jeux de société », une progression similaire a été utilisée afin de pouvoir comparer les différents effets des entraînements. La difficulté des activités est croissante au fur et à mesure des entraînements. Les premiers entraînements se concentrent sur les numérosités de 1 à 3 pour évoluer progressivement vers des numérosités allant jusqu'à 15. Pour le groupe « capacités visuo-spatiales », les activités ne présentent pas de progression. Pour les trois groupes, les activités sont redondantes, ce qui permet d'avoir une meilleure incidence sur les enfants (Ramani, 2011). Chaque session est composée de deux activités de dix minutes environ.

Notons que certains enfants n'avaient pas le temps de finir les activités proposées ; à l'opposé d'autres avaient fini avant leur groupe et avaient la possibilité de jouer à une activité facultative appelée le bac à sable en attendant la fin de la session. Les entraînements manqués n'ont pas été rattrapés.

Nous allons à présent nous intéresser aux différents groupes d'entraînement.

Groupe « entraînement pré-mathématiques »

Les groupes « pré-mathématiques » sont composés d'environ six enfants. Les activités proposées aux enfants sont issues de l'application « MaGrid ». Elle a été développée sous iOS pour être utilisée sur une tablette tactile Apple (Ipad) par une équipe de chercheurs de l'Université du Luxembourg. Les activités portent sur le sens du nombre (estimation, comparaison, subitizing), son accès, ses différentes représentations (symbolique et non-symbolique), la lecture de nombre, le comptage, le dénombrement, le transcodage, le calcul et la ligne numérique. Les activités sont individuelles et pratiquées en autonomie.

Groupe « capacités visuo-spatiales »

Les groupes « capacités visuo-spatiales » sont composés d'environ six enfants. Le système d'entraînement est le même que pour l'entraînement du groupe « pré-mathématiques ». Les activités proposées permettent de travailler les aptitudes visuo-spatiales, la manipulation, l'orientation, la reproduction et la complétion de figures et de formes.

Groupe « papier/crayon »

Les groupes « papier/crayon » sont composés d'environ quatre enfants. Les jeux permettent d'exercer les mêmes compétences mathématiques que les activités du groupe « entraînement pré-mathématiques ». Les jeux ont été créés spécifiquement pour les entraînements : soit par l'équipe luxembourgeoise, soit par l'équipe d'étudiantes en orthophonie. Les activités proposées étaient soit individuelles (compléter une ligne numérique par exemple) soit collectives (par exemple : memory, loto de chiffres, jeux de plateau).

Procédure de la phase des post-tests :

Au terme des sessions d'entraînement, les enfants seront de nouveau testés grâce à la batterie d'évaluation utilisée lors du pré-test et leurs résultats seront comparés à leurs résultats initiaux. Les post-tests seront réalisés par une autre équipe d'étudiants reprenant l'étude en mai 2018. Les conditions de passation seront les mêmes que pour la phase de pré-test. Seule l'épreuve des matrices non verbales issue de la WVN ne sera pas administrée, le QI étant supposé ne pas évoluer et rester stable au cours du développement.

Diverses analyses statistiques seront ensuite réalisées afin d'observer une éventuelle influence du support sur les performances mathématiques ultérieures.

Si tel est le cas, les analyses permettront d'observer quel support et quels prérequis seraient à favoriser pour faciliter les apprentissages mathématiques formels dès l'entrée à l'école primaire.

L'année suivante (année scolaire 2018-2019), le même échantillon d'enfant sera de nouveau testé en CP pour observer un effet positif et persistant à long terme des entraînements sur les apprentissages mathématiques formels.

Résultats

1. Résultats des questionnaires parentaux

Les réponses des parents au questionnaire ont été recensées et présentées ci-dessous sous forme de graphiques et de tableaux. Une analyse descriptive et qualitative a également été réalisée.

1.1. Questions générales

Le tableau présenté ci-dessous fait état des réponses des 169 parents à la question « Quel(s) type(s) d'activité(s) votre enfant pratique-t-il à la maison ? ». Chaque parent devait

classer les six activités proposées du plus fréquemment utilisées au moins fréquemment utilisées à la maison.

Le tableau prend en compte le nombre de parents ayant répondu par exemple « le plus souvent » à une activité. Ici on note que 18 parents ont estimé que leur enfant jouait « le plus souvent » avec une tablette à la maison. Cependant certains parents n'ont pas su départager certaines activités entre elles ; c'est pour cela que le total des colonnes n'est pas équivalent à 169 réponses.

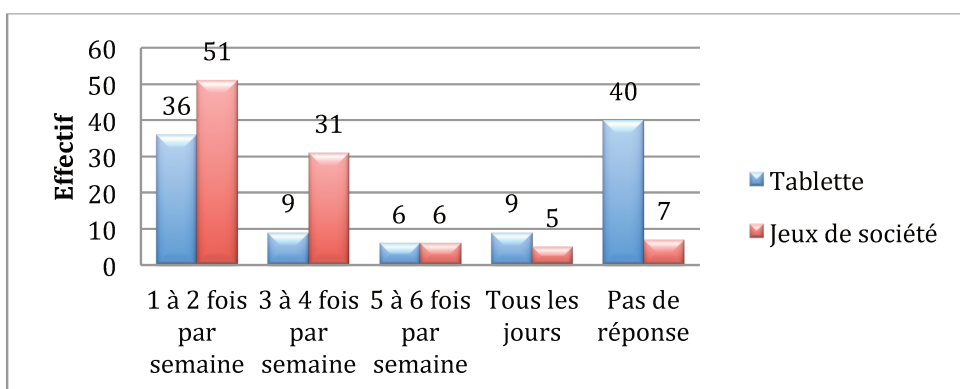
Tableau 1. Types d'activités pratiquées à la maison exprimés en nombre de réponses

	Du plus souvent →					Au moins souvent	Pas de réponse
Tablette	18	16	17	22	35	38	23
Télévision	54	36	30	11	18	2	18
Jeux vidéo	14	8	8	15	43	45	36
Jeux de société	32	34	33	28	16	3	23
Activités manuelles	84	25	20	7	12	2	19
Autres	26	6	4	3	1	3	126

Nous constatons que la réponse la plus citée par les parents est « activités manuelles » suivie de « télévision » ; à l'inverse, les jeux vidéo et les tablettes ne semblent pas être des activités régulièrement pratiquées à cet âge.

Les questions « À quelle fréquence votre enfant joue-t-il avec une tablette tactile ? » et « À quelle fréquence votre enfant joue-t-il aux jeux de société ? » ont été posées aux parents. Les résultats des différentes questions ont été présentés de façon à pouvoir estimer les habitudes de jeux des enfants au sein de leur environnement familial.

Nous avons relevé le nombre de réponses à chaque proposition et nous l'avons converti en pourcentage. Par exemple, nous observons que 36% des parents estiment que leur enfant joue 1 à 2 fois par semaine avec une tablette.



Graphique 1. Fréquence d'utilisation de la tablette et des jeux de société exprimée en pourcentage

Nous constatons que les jeux de société sont plus régulièrement utilisés que les tablettes. Nous constatons par ailleurs, que 40% des parents n'ont pas répondu à la question concernant les tablettes. Nous pouvons supposer qu'il n'y a pas de tablette au sein de l'environnement familial ou que l'enfant n'y a pas accès.

1.2. Questions axées sur l'utilisation de la tablette à la maison

Le diagramme circulaire ci-dessous présente le nombre d'enfants possédant sa propre tablette exprimé en pourcentage.

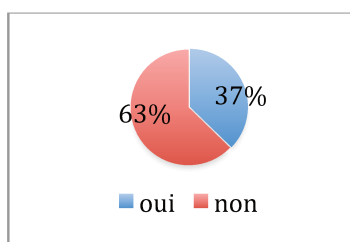


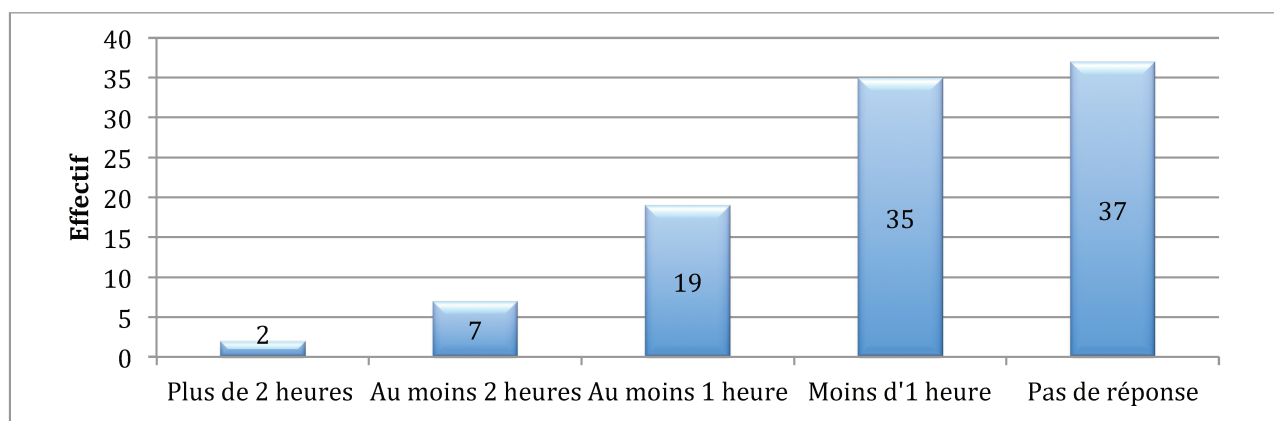
Figure 2. Nombre d'enfants possédant ou non une tablette exprimé en pourcentage

Nous constatons que près d'un tiers des enfants possèdent leur propre tablette.

Les questions suivantes ont été posées aux parents d'enfants jouant avec une tablette tactile à la maison.

Afin d'évaluer le temps passé sur la tablette, les parents ont dû estimer le temps de chaque utilisation de leur enfant. Les résultats sont répertoriés ci-dessous.

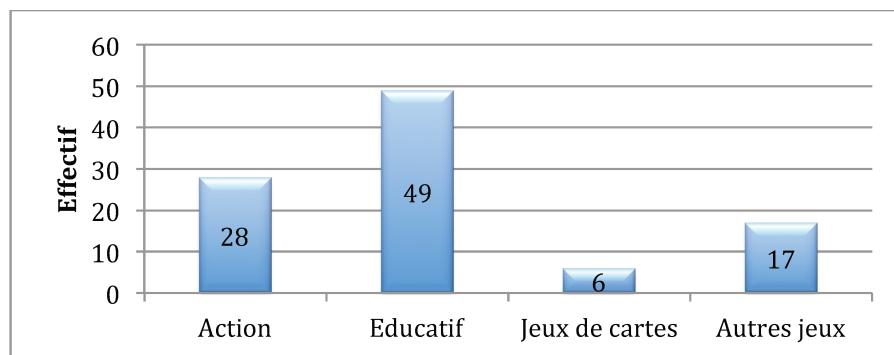
Nous avons relevé le nombre de réponses à chaque proposition et nous l'avons converti en pourcentage. Par exemple, nous observons que 35% des parents estiment que leur enfant joue moins d'une heure avec une tablette.



Graphique 2. Estimation du temps passé sur la tablette lors de chaque utilisation exprimée en pourcentage

Nous constatons qu'un peu plus d'un tiers des enfants jouent « moins d'une heure par jour ». Nous supposons que l'absence de réponse signifie que les enfants ne jouent pas ou très rarement.

Le graphique 3 (présenté ci-dessous) recueille les différents types de jeux appréciés par les enfants. Pour répondre à cette question, il était possible aux parents de cocher plusieurs réponses. Les résultats ont été convertis en pourcentage. Par exemple, nous observons que 6% des parents estiment que leur enfant préfère jouer aux jeux de cartes sur la tablette.



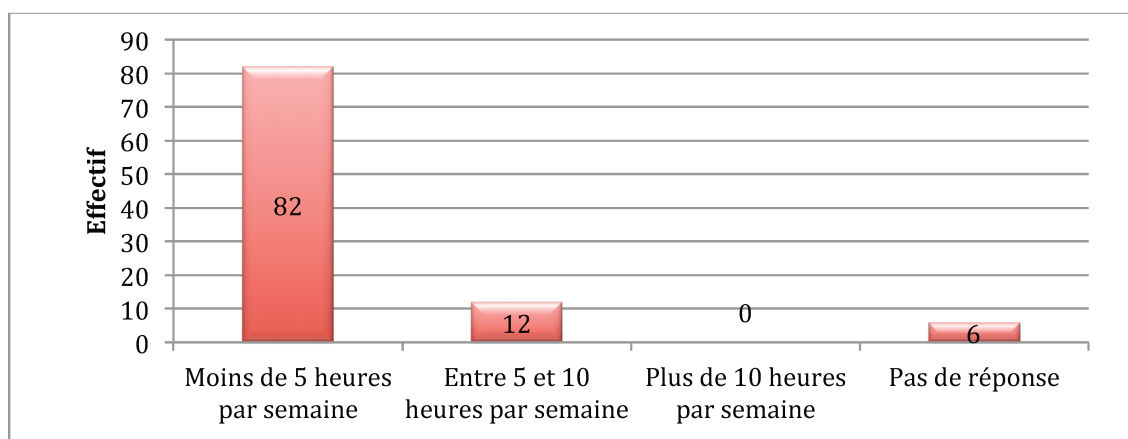
Graphique 3. Types de jeux sur tablette appréciés exprimés en pourcentage

Nous constatons qu'un peu moins de la moitié des enfants préfèrent jouer à des jeux « éducatifs ».

1.3. Questions axées sur l'utilisation des jeux de société à la maison

Cette partie recense les réponses aux questions axées sur les jeux de société.

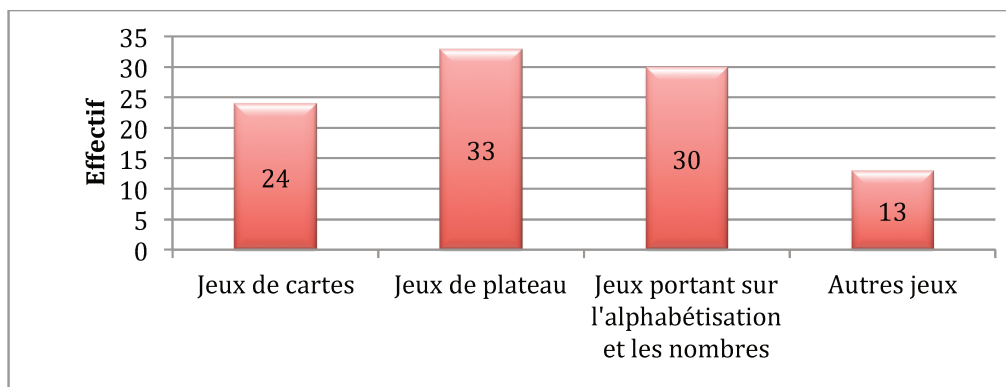
Tout comme pour l'utilisation de la tablette, le graphique ci-dessous répertorie le temps passé par chaque enfant à jouer à des jeux de société au sein de leur environnement familial au cours de la semaine. Les résultats ont été convertis en pourcentage. Par exemple, nous observons que 12% des parents estiment que leur enfant joue entre 5 et 10 heures par semaine aux jeux de société.



Graphique 4. Temps passé par semaine à jouer aux jeux de société exprimé en pourcentage

Nous constatons que plus de trois quarts des enfants jouent « moins de 5 heures par semaine » aux jeux de société.

Le graphique 5 (présenté ci-dessous) recueille les différents types de jeux de société appréciés par chaque enfant. Pour répondre à cette question, il était possible aux parents de cocher plusieurs réponses. Les résultats sont exprimés en pourcentage. Par exemple, nous observons que 24% des parents estiment que leur enfant préfère jouer aux jeux de cartes.



Graphique 5. Types de jeux de société appréciés exprimés en pourcentage

Nous constatons qu'un tiers des enfants préfèrent jouer à des « jeux de plateau » et à des « jeux portant sur l'alphabétisation et les nombres ».

2. Résultats issus des pré-tests, des entraînements et des post-tests

L'analyse des résultats n'ayant pas encore été réalisée (la collecte des données des post-tests sera effectuée dans le courant du mois de juin 2018), nous appuierons nos interprétations sur nos observations. Cette partie contient donc une analyse qualitative. L'analyse quantitative des données fera l'objet d'un mémoire ultérieur et viendra confirmer ou non nos hypothèses.

Ainsi, nous supposons que la comparaison des résultats des pré-tests et des post-tests pourra mettre en évidence une amélioration globale des trois groupes d'entraînement.

Le groupe « capacités visuo-spatiales » a été entraîné sur des activités portant sur les prérequis aux épreuves visuo-spatiales. Au fur et à mesure des sessions d'entraînement, les enfants étaient plus à l'aise avec les tablettes et les activités proposées. De plus, les activités étaient mieux réussies à la fin de la période d'entraînement.

Les groupes « entraînement pré-mathématiques » et « papier/crayon » ont été entraînés sur des activités portant sur les prérequis aux mathématiques comme le comptage, le dénombrement, la comparaison de collection. La redondance des activités a permis aux enfants de mieux appréhender les entraînements.

Nous attendons donc les résultats suivants :

(i) Les résultats aux post-tests de l'épreuve d'aptitude visuo-spatiale (organisation spatiale et relation spatiale) seront meilleurs pour le groupe « capacités visuo-spatiales ».

(iia) Les résultats aux épreuves de comptage libre, de dénombrement, de lecture de nombre à haute voix et de recherche du chiffre manquant lors du post-test seront meilleurs pour les groupes « papier/crayon » et « entraînement pré-mathématiques ».

(iib) Les résultats des épreuves de comparaison symbolique (« one-digit comparison » et « two-digit comparison ») lors du post-test seront meilleurs pour le groupe « entraînement pré-mathématiques » car les activités proposées spécifiquement à ce groupe entraînent les prérequis nécessaires à la réussite des ces épreuves.

(iic) Les résultats de l'épreuve portant sur la ligne numérique lors du post-test seront meilleurs pour le groupe « papier/crayon ». En effet, seul le groupe « papier/crayon » a été entraîné sur les prérequis nécessaires à cette épreuve.

(iii) Nous ne noterons pas de différences analysables en comparant les résultats des enfants de sexe féminin et masculin. Il en sera de même concernant la latéralité.

(iv) Au sein de chaque groupe, les enfants scolarisés en moyenne section présenteront autant d'améliorations que les enfants scolarisés en grande section.

Discussion

L'objectif de la présente étude était de comparer les bénéfices apportés par différents supports (numérique et papier crayon) chez une population d'enfants tout-venants issus de moyenne et grande section de maternelle sur leurs performances mathématiques.

Les post-tests et l'analyse des données n'ayant pas été effectués, aucune hypothèse ne pourra être confirmée ou réfutée.

Discussion des résultats

Questionnaire parental

Les résultats du questionnaire parental mettent en évidence une forte utilisation des supports électroniques (tablette, télévision, jeux vidéo) à la maison chez 104 participants. Parallèlement, nous constatons une proportion similaire d'enfants jouant principalement à des jeux de société. En effet, 116 parents ont estimé que leur enfant jouait le plus souvent aux jeux de société et prenaient part à des activités manuelles.

Cependant, si l'on compare le nombre de réponses en fonction de chaque activité, nous constatons que les activités manuelles sont très fortement préférées aux autres activités proposées. En effet, la moitié des parents estiment que leur enfant pratique principalement des activités manuelles à la maison.

Concernant la fréquence d'utilisation des tablettes à la maison nous constatons que 60% des enfants jouent au moins une fois par semaine avec une tablette. De plus, 37%, soit plus d'un tiers des enfants possèdent leur propre tablette.

Nous supposons que l'absence de réponse signifie que l'enfant ne joue jamais à l'activité proposée. Nous constatons donc que le pourcentage d'enfants ne jouant jamais aux jeux de société au sein de leur famille s'avère significativement moins important que le pourcentage d'enfants ne jouant jamais avec une tablette. En effet, seuls 7% des enfants ne jouent jamais à des jeux de société alors que 40% d'entre eux ne jouent jamais avec une tablette. A contrario 93% des enfants jouent au moins une fois par semaine aux jeux de société.

Nous notons donc une prépondérance des jeux de société au sein des activités préférées par les enfants durant leur temps libre.

Afin d'avoir une analyse plus précise de la manière dont chaque enfant utilise la tablette et joue aux jeux de société, nous avons demandé aux parents d'estimer le temps passé par leur

enfant sur une tablette lors de chaque utilisation et le temps passé par semaine à jouer à des jeux de société.

Concernant les tablettes, nous supposons que l'absence de réponse signifie que l'enfant ne joue pas avec une tablette à la maison. Par conséquent, plus d'un tiers des enfants ne jouent jamais à la tablette.

De plus, nous observons que plus de 35% des enfants jouent moins d'une heure par utilisation.

Nous constatons également que le temps passé par semaine à jouer aux jeux de société est de moins de 5 heures par semaine pour plus de trois quarts des enfants.

Les données récoltées n'ont pas pu donner lieu à une comparaison du temps estimé sur chaque type de support. Par ailleurs, les données ne sont pas assez précises, nous n'avons pas d'information supplémentaire. Par exemple, il aurait été judicieux d'avoir une estimation du temps passé à jouer à des jeux de société par jour.

Les jeux de société et les tablettes sont deux manières différentes d'occuper les enfants lors de leur temps libre. En effet, la tablette est une activité individuelle et autonome alors que les jeux de société sont des activités collectives.

Par ailleurs, les résultats montrent que la moitié des enfants apprécient les applications de jeux éducatifs sur tablette et qu'un tiers des enfants préfèrent les jeux de société portant sur l'alphabétisation et les nombres.

Nous remarquons chez les familles interrogées une forte importance donnée aux jeux éducatifs. Que ce soit sur un support numérique ou par l'intermédiaire de jeux de société, ils sont représentés majoritairement dans les activités appréciées par les enfants.

Entraînements

Nous allons maintenant nous concentrer sur les résultats hypothétiques des effets de l'entraînement sur les différents groupes.

Nous nous attendons à ce que la comparaison des résultats du pré-test et du post-test montre chez tous les groupes une amélioration de leur performance au niveau des capacités mathématiques. Cependant les améliorations du groupe « capacités visuo-spatiales » risquent d'être moins importantes que les groupes « entraînement pré-mathématiques » et « papier/crayon ». En effet, les groupes « entraînement pré-mathématiques » et « papier/crayon » ont été entraîné spécifiquement sur les prérequis nécessaires à la réussite des épreuves mathématiques proposées dans le post-test contrairement au groupe « capacités visuo-spatiales ».

De telles constatations nous permettraient donc de déduire qu'un entraînement spécifique aux prérequis nécessaires à l'acquisition des mathématiques aurait une incidence bénéfique sur les performances des enfants issus de moyenne et grande section de maternelle.

Néanmoins, nous pensons également observer une amélioration plus importante au niveau des tâches d'aptitudes visuo-spatiales pour le groupe « capacités visuo-spatiales ». En effet, les enfants appartenant à ce groupe ont essentiellement travaillé sur des activités portant sur les aptitudes visuo-spatiales, la manipulation, l'orientation, la reproduction et la complétion de figures et de formes.

Les enfants appartenant au groupe « papier/crayon » auront mieux réussi l'épreuve portant sur la ligne numérique que les autres groupes. En effet, les résultats de l'étude de Ramani et Siegler (2008) montrent une amélioration significative pour les tâches d'estimation de la ligne numérique grâce à un entraînement avec un jeu de plateau linéaire contenant les numérosités de 1 à 10. Nous espérons donc des résultats similaires.

Par ailleurs, le groupe « entraînement pré-mathématiques » aura probablement amélioré ses performances de manière plus importante que pour les autres groupes lors des tâches de comparaison symbolique (« one digit comparison » et « two-digit comparison »). En effet, les résultats de l'étude de Wilson et ses collègues (2009) montrent une amélioration des performances numériques sur les tâches de comparaisons numériques symboliques traditionnellement utilisées pour mesurer le sens du nombre pour les groupes entraînés avec le logiciel informatique « The Number Race ». Nous espérons donc des résultats similaires.

Si ces améliorations spécifiques sont présentes, elles montreront que les bénéfices seront différents selon les méthodes d'entraînement.

Lors de la comparaison des performances des différents groupes, nous nous attendons à observer des bénéfices plus importants concernant les groupes « papier/crayon » et « entraînement pré-mathématiques ». Ces résultats démontreront qu'au-delà du support, ce sont les entraînements que l'on proposera qui seront importants. En effet, si le support tablette apportait plus de bénéfices que le support papier/crayon, le groupe « capacités visuo-spatiales » utilisant aussi des tablettes lors des entraînements aurait obtenu de meilleures performances que le groupe « papier/crayon ».

Il n'existerait donc pas un support apportant plus de bénéfices qu'un autre, mais une combinaison de supports avec des entraînements spécifiques et adaptés.

Enfin, nous nous attendons à ce que la comparaison des résultats des enfants de moyenne et de grande section ne montre pas de différences notoires. Les bénéfices seront les mêmes pour tous les enfants.

Critiques et améliorations possibles

Mise en place de l'étude et organisation

Nous avons rencontré de nombreuses difficultés d'ordre administratif lors de la mise en place de l'étude. Ces difficultés nous ont conduit à retarder le début de l'étude à début janvier 2018, ce qui a entraîné de nombreux remaniements :

- les pré-tests ont été repoussé d'environ trois mois (initialement, les pré-tests devaient commencer en octobre 2017). Ce retard a entraîné une réduction du nombre de semaines d'entraînement à huit au lieu de dix initialement prévues,
- le retard occasionné par ces imprévus ne nous a pas permis de collecter les données statistiques et de les analyser,
- les enfants n'avaient pas la possibilité de rattraper les sessions d'entraînement qu'ils avaient manqué au vu du peu de temps dont nous disposions.

Questionnaire

Initialement, le questionnaire parental devait être donné aux enfants et aux parents afin d'avoir la vision des parents concernant les habitudes de jeux de leur enfant et la vision des enfants sur leurs habitudes de jeux.

Les résultats à la question « Quel(s) type(s) d'activité(s) votre enfant pratique-t-il à la maison ? » nous montrent que certains parents n'ont pas réussi à classer toutes les activités. Il serait judicieux de changer le système de réponse en proposant aux parents de hiérarchiser eux-mêmes les activités qu'ils souhaitent. Cependant, il apparaît également important d'ajouter des suggestions pour les aiguiller dans leurs réponses.

Les résultats des questions portant sur la fréquence d'utilisation des tablettes ainsi que des jeux de société nous indique une forte proportion de non réponse. Lors de l'analyse des réponses, nous avons pris le parti de définir cette absence de réponse comme une manière pour le parent de répondre « jamais » à la question posée. Cependant il semble probable que les parents n'aient pas souhaité répondre car ils ne souhaitaient pas être jugés au travers de leurs réponses (excès d'utilisation de la tablette à la maison par exemple). En effet, les résultats montrent une incohérence dans les réponses des parents : 67 parents n'ont pas répondu à la question « À quelle fréquence votre enfant joue-t-il avec une tablette tactile ? » alors que seulement 63 parents n'ont pas répondu à la question « Combien de temps estimez-vous que votre enfant passe sur une tablette ? ». La proposition « jamais » devrait être ajoutée afin de connaître le réel taux d'enfants ne jouant jamais à la tablette ainsi qu'aux jeux de société. De plus, une anonymisation du questionnaire permettrait aux parents de se sentir moins jugés. Nous pourrions ainsi avoir une meilleure fiabilité des résultats.

La question « Quels sont les types de jeux de société que votre enfant apprécie ? » propose plusieurs réponses dont « jeux de chiffres et de lettres ». Il aurait été plus judicieux de proposer deux réponses pour séparer les différentes sortes de jeux. De plus, nous aurions pu proposer une question concernant le type de jeu le plus joué à la maison : « Votre enfant joue-t-il plus à des jeux portant sur les nombres ou sur l'alphabétisation ? ».

Par ailleurs, nous avons demandé aux parents d'estimer le temps passé sur une tablette lors de chaque utilisation. En parallèle, nous avons demandé aux parents d'estimer le temps passé à jouer à des jeux de société au cours d'une semaine. Les propositions de réponses n'étant pas les mêmes, nous n'avons pu comparer les différentes réponses. Il serait donc intéressant reformuler les questions afin d'avoir une même variable de temps pour les deux supports de jeu.

De plus, les parents devaient estimer le temps que leur enfant passait à jouer à des jeux de société durant la semaine. Plus de 80% des parents ont répondu « moins de 5 heures par semaine ». Ces données ne sont pas assez précises pour pouvoir les analyser. Il serait intéressant de proposer plutôt « Combien de temps votre enfant joue-t-il aux jeux de société par jour ? ».

En outre, nous aurions pu demander aux parents d'estimer le nombre de fois que l'enfant joue à la tablette par jour.

Les questions axées sur la fréquence d'utilisation des tablettes et des jeux de société ne proposent pas la réponse « jamais ». Il serait judicieux de l'intégrer afin d'être certain qu'une absence de réponse signifie que l'enfant ne joue jamais avec une tablette ou aux jeux de société.

Cependant, nous pourrions aussi changer le mode de réponse et proposer aux parents d'estimer eux-mêmes le temps que passe leur enfant à jouer avec une tablette et avec des jeux de société chaque jour dans un tableau récapitulatif.

Population de l'étude

Notre étude porte sur une population d'enfants issus de moyenne et grande section de maternelle afin de déterminer quel niveau bénéficie d'une meilleure évolution suite aux entraînements. Dans notre étude, nous intervenons dans une classe de moyenne section de maternelle, une classe de grande section de maternelle et six classes de double niveau. Lors des pré-tests nous avons observé une différence de performance chez les enfants de moyenne section de maternelle issus d'un simple niveau et d'un double niveau. Le nombre de classes à simple niveau étant trop faible, la comparaison de l'évolution des enfants issus de moyenne section de maternelle et de grande section de maternelle ne paraît pas assez fiable.

Méthodologie

Initialement, notre étude incluait quatre groupes d'entraînements : les groupes « entraînement pré-mathématiques », « capacités visuo-spatiales », « papier/crayon » et « gnosies digitales ». Suite aux conclusions de l'étude de Cornu (Cornu et al. 2017), nous avons pris le parti d'exclure le groupe « gnosies digitales » de l'étude. En effet, selon Cornu, les effets de l'entraînement des gnosies digitales étaient propres prérequis nécessaires aux habiletés visuo-spatiales et aucun transfert n'a été distingué sur les performances mathématiques précoces.

Parmi les trois groupes restants, aucun ne constituait un groupe contrôle. Les résultats ne nous permettront donc pas de comparer les effets des différents entraînements à l'évolution normale des enfants sans entraînement spécifique.

Pré-tests

Lors des pré-tests, les infrastructures des écoles et le manque de temps pour réaliser les pré-tests ainsi que les entraînements ne nous ont pas permis d'obtenir des conditions optimales. Parfois, six enfants étaient testés en même temps, au sein d'une même salle. Ces conditions de réalisation des tests risquent de créer un biais attentionnel.

Entraînements

Plusieurs activités étaient proposées au groupe « papier/crayon » : memory, loto, jeux de cartes ou encore jeux de plateau. Dans leur étude de 2008, Ramani et Siegler (2011) ont mis en évidence les bénéfices que pouvaient apporter des jeux de société dont le plateau était linéaire aux enfants de maternelle dans les acquisitions mathématiques par rapport aux plateaux circulaires. Or, nous avons proposé au groupe « papier/crayon » des jeux dont le plateau était circulaire.

Conclusion

Cette étude a pour but de comparer les effets d'un entraînement long et intensif chez des enfants issus de moyenne et grande section de maternelle sur leurs compétences mathématiques. 169 enfants tout-venants issu de moyenne et grande section de maternelle ont participé à l'étude et bénéficié d'un pré-test et de huit semaines d'entraînement. Un post-test leur sera proposé durant le mois de mai 2018. Suite aux pré-tests, trois groupes ont été formés afin d'évaluer l'impact des différents supports (numérique et papier/crayon) sur les acquisitions des mathématiques.

Les résultats de cette étude devront être analysés prochainement. Nous supposons que ces résultats pourront mettre en évidence un bénéfice apporté par un entraînement intensif et de longue durée sur les performances mathématiques des enfants de moyenne et grande section de maternelle grâce à l'utilisation des supports numérique et papier/crayon. De plus, ces résultats soutiendront qu'aucun support ne s'est révélé apporter plus de bénéfices qu'un autre. La spécificité de l'entraînement sera le facteur le plus important pour développer au mieux les capacités mathématiques des enfants.

La continuité de cette étude va nous permettre d'obtenir des résultats statistiques du travail effectué durant cette année. Elle nous permettra aussi de pouvoir comparer les différents milieux socio-économiques entre eux afin de connaître les bénéfices apportés pour chacun sur leur performance mathématique.

Cette étude vise à connaître les bénéfices de différents supports utilisés dans l'acquisition des mathématiques. A terme, les analyses statistiques futures des résultats vont permettre aux orthophonistes de pouvoir adapter leur manière de rééduquer les troubles de la cognition mathématique en proposant une rééducation s'appuyant sur un support correspondant aux troubles observés.

Bibliographie

- Aunola, Kaisa, Esko Leskinen, Marja-Kristiina Lerkkanen, et Jari-Erik Nurmi. 2004. « Developmental Dynamics of Math Performance From Preschool to Grade 2. » *Journal of Educational Psychology* 96 (4): 699-713. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.699>.
- Benavides-Varela, Silvia, Brian Butterworth, Francesca Burgio, Giorgio Arcara, Daniela Lucangeli, et Carlo Semenza. 2016. « Numerical Activities and Information Learned at Home Link to the Exact Numeracy Skills in 5–6 Years-Old Children ». *Frontiers in Psychology* 7 (février). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00094>.
- Blevins-Knabe, Belinda, Ann Berghout Austin, Linda Musun, Annette Eddy, et Randall M. Jones. 2000. « Family Home Care Providers' and Parents' Beliefs and Practices Concerning Mathematics with Young Children † ». *Early Child Development and Care* 165 (1): 41-58. <https://doi.org/10.1080/0300443001650104>.
- Brankaer, Carmen, Pol Ghesquière, et Bert De Smedt. 2017. « Symbolic Magnitude Processing in Elementary School Children: A Group Administered Paper-and-Pencil Measure (SYMP Test) ». *Behavior Research Methods* 49 (4): 1361-73. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0792-3>.
- Butterworth, Brian. 2005. « The Development of Arithmetical Abilities ». *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 46 (1): 3-18. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00374.x>.
- Christakis, Dimitri A., Beth E. Ebel, Frederick P. Rivara, et Frederick J. Zimmerman. 2004. « Television, Video, and Computer Game Usage in Children under 11 Years of Age ». *The Journal of Pediatrics* 145 (5): 652-56. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2004.06.078>.
- Cornu, Véronique, Christine Schiltz, Tahereh Pazouki, et Romain Martin. 2017. « Training Early Visuo-Spatial Abilities: A Controlled Classroom-Based Intervention Study ». *Applied Developmental Science*, mars, 1-21. <https://doi.org/10.1080/10888691.2016.1276835>.
- Corsi, Philip M. 1972. « Human memory and the medial temporal region of the brain ». *Dissertation Abstract International*, 1972.
- Dehaene, Stanislas. 1992. « Varieties of Numerical Abilities ». *Cognition* 44 (1-2): 1-42. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-N](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-N).
- Fayol, Michel, Pierre Barrouillet, et Catherine Marinthe. 1998. « Predicting arithmetical achievement from neuro-psychological performance : a longitudinal study ».
- Galifret-Granjon, Nadine. 1958. « Batterie Piaget-Head. In R. Zazzo, & N. Galifret-Granjon (Eds.) ». *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant*, 1958, sect. Fascicule 1.
- Gracia Bafalluy, M, et M Noel. 2008. « Does Finger Training Increase Young Children's Numerical Performance? » *Cortex* 44 (4): 368-75. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.08.020>.
- Jordan, Nancy C., David Kaplan, Leslie Nabors Olah, et Maria N. Locuniak. 2006. « Number Sense Growth in Kindergarten: A Longitudinal Investigation of Children at Risk for Mathematics Difficulties ». *Child Development* 77 (1): 153-75. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x>.
- LeFevre, Jo-Anne, Sheri-Lynn Skwarchuk, Brenda L. Smith-Chant, Lisa Fast, Deepthi Kamawar, et Jeffrey Bisanz. 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.
<https://doi.org/10.1037/a0014532>.
- Noël, Marie-Pascale. 2005. « Finger Gnosia: A Predictor of Numerical Abilities in Children? » *Child Neuropsychology* 11 (5): 413-30.
<https://doi.org/10.1080/09297040590951550>.
- Obersteiner, Andreas, Kristina Reiss, et Stefan Ufer. 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 (février): 125-35.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.08.004>.
- Parsons, Jacquelynne Eccles, Terry F. Adler, et Caroline M. Kaczala. 1982. « Socialization of Achievement Attitudes and Beliefs: Parental Influences ». *Child Development* 53 (2): 310.
<https://doi.org/10.2307/1128973>.
- Ramani, Geetha B., et Robert S. Siegler. 2008. « Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing number board games ». *Child Development*, 2008.
- . 2011. « Reducing the gap in numerical knowledge between low- and middle-income preschoolers ». *Journal of Applied Developmental Psychology* 32, 2011.
- Räsänen, Pekka, Jonna Salminen, Anna J. Wilson, Pirjo Aunio, et Stanislas Dehaene. 2009. « Computer-Assisted Intervention for Children with Low Numeracy Skills ». *Cognitive Development* 24 (4): 450-72. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.09.003>.
- Reeve, Robert, et Judi Humberstone. 2011. « Five- to 7-Year-Olds? Finger Gnosia and Calculation Abilities ». *Frontiers in Psychology* 2.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00359>.
- Sella, Francesco, Patrizio Tressoldi, Daniela Lucangeli, et Marco Zorzi. 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.
<https://doi.org/10.1016/j.tine.2016.02.002>.
- Starkey, Prentice, et Robert G. Cooper Jr. 1980. « Perception of Numbers by Human Infants. » *Science* 210 (4473): 1033-35.
- Starkey, Prentice, Alice Klein, et Ann Wakeley. 2004. « Enhancing Young Children's Mathematical Knowledge through a Pre-Kindergarten Mathematics Intervention ». *Early Childhood Research Quarterly* 19 (1): 99-120.
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.002>.
- Wilson, Anna J., Stanislas Dehaene, Ophélie Dubois, et Michel Fayol. 2009. « Effects of an Adaptive Game Intervention on Accessing Number Sense in Low-Socioeconomic-Status Kindergarten Children ». *Mind, Brain, and Education* 3 (4): 224-34.
<https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2009.01075.x>.
- Wynn, Karen. 1992. « Addition and subtraction by human infants ». *Nature* 358 (6389): 749-50. <https://doi.org/10.1038/358749a0>.

Liste des annexes

Annexe n°1 : Lettre d'information, autorisation parentale et questionnaire parental

Annexe n°2 : Protocole du pré-test et post-test