

MEMOIRE

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

Aurélia ROBERT

soutenu publiquement en juin 2019

Impact des habitudes familiales de jeux sur le développement de la cognition mathématique

MEMOIRE dirigé par

Sandrine MEJIAS, Maître de conférences, Université de Lille, Lille

« I never lose. I either win or learn. » Nelson Mandela

Remerciements

En tout premier lieu, je tiens à remercier ma directrice de mémoire, Mme Mejias, qui m'a apporté de précieux conseils tout au long de la collecte des données et de la rédaction du mémoire.

Je suis reconnaissante envers tous les enseignants et directeurs d'école des environs d'Arras qui nous ont permis de mener à bien cette étude. Je tiens à souligner également que sans l'accord des parents, nous n'aurions pu obtenir une cohorte aussi conséquente. Je remercie les enfants que j'ai rencontrés, pour leur participation enjouée et le maintien de leur attention.

Enfin, j'adresse des remerciements plus personnels à Sébastien, pour le soutien dans ce projet de reconversion. Merci aussi à cette formidable promo, à tous ceux que je reverrai avec un grand plaisir et plus particulièrement à mes amis : Loïse, Matthieu, Maïlys, Raphaëlle, Lou... Surtout, rien n'aurait été possible sans mes extraordinaires filles : pour chaque moment où vous m'avez permis de travailler, chaque moment où vous avez fait vos devoirs seules, où vous avez accepté de ne faire qu'une seule partie de jeux de société et pour avoir supporté de me voir loin de l'esprit de Noël plusieurs mois de décembre : MERCI. Vous avez peut-être aussi appris qu'avec du courage et du travail, on peut réaliser ses rêves.

Résumé :

Nous tentons de démontrer, par notre étude portant sur 136 enfants de maternelle issus de l'étude Kids e-Stim, que la pratique des jeux de plateaux influence les compétences mathématiques et que cet effet serait différent selon trois types d'entraînement : deux entraînements appariés au niveau des compétences numériques, l'un classique, l'autre sur tablette, et un entraînement visuo-spatial, qui serait corrélé, dans la littérature, avec les compétences mathématiques.

Nous comparons le groupe qui jouait à des jeux de plateaux à la maison et celui qui n'y jouait pas. Nous calculons si le gain lié à l'entraînement était plus marqué dans le groupe qui pratiquait ces jeux et si l'écart entre les deux groupes se réduisait. Nous cherchons à savoir si un groupe bénéficie plus de l'effet de l'entraînement. Enfin, nous testons l'hypothèse selon laquelle les jeux de plateaux combinés à un entraînement visuo-spatial maximise l'effet de celui-ci.

Nos résultats montrent qu'il y aurait une différence pré et post-entraînement en faveur du groupe ayant cette pratique de jeux et que cet écart tendrait à augmenter pour les compétences numériques. Toutefois, cette différence serait minime. Enfin, nous ne pouvons pas non plus conclure que le type d'entraînement combiné auxdits jeux augmente les effets de l'entraînement.

Ces résultats sont cohérents avec ceux que l'on peut trouver dans la littérature, à savoir que les habitudes précoces de jeux de plateaux auraient un impact persistant sur les compétences numériques. L'orthophoniste a donc un rôle à jouer en prévention afin de limiter l'installation des difficultés mathématiques.

Mots-clés :

Cognition mathématique, jeux de plateaux, entraînement visuo-spatial

Abstract :

We are trying to demonstrate, out of 136 kindergarten children from the Kids e-Stim study, that the practice of board games influences mathematical skills and that this effect would be different according to three types of training : two training sessions matched in terms of digital skills, one classic, the other one on a tablet, and a visual-spatial training, which would be correlated, in the literature, with mathematical skills.

We are comparing the group that used to play board games at home with the group that did not. We are calculating whether training influence was greater in the group that played these games and whether the gap between the two groups tended to diminish. We are trying to find out if a group benefits more from the effect of training. Finally, we are testing the hypothesis that board games combined with visual-spatial training maximize the effect of the training.

Our results show that there would be a pre- and post-training difference in favour of the group with board games practice habits and that this gap would tend to increase for digital skills. However, this difference would be minimal. Finally, we cannot conclude that the type of training combined with those games increases the effects of training.

These results are consistent with those found in the literature, namely that early board game habits would have a persistent impact on digital skills. The speech-language pathologist therefore has a preventive role to play in order to curb the onset of mathematical difficulties.

Keywords :

Mathematical skills, board games, visual-spatial training

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	2
1. Connaissances actuelles concernant les habiletés mathématiques	2
1.1. Prérequis nécessaires au développement de la cognition mathématique	2
1.2. Facteurs intrinsèques à l'enfant et à ses interactions avec son entourage	3
1.3. Compétences visuo-spatiales et mathématiques	3
1.4. Jeux de plateaux et cognition mathématique	4
2. Objectifs poursuivis par notre étude	4
2.1. Objectifs en recherche fondamentale	4
2.2. Objectifs pour les connaissances utiles aux professionnels de la petite enfance et de l'enseignement	5
2.3. Objectifs pour l'orthophonie	5
3. Hypothèses de travail	5
3.1. Résultats attendus sur l'étude Kids e-Stim : l'entraînement visuo-spatial potentiellement plus efficace que d'autres entraînements	6
3.2. Résultats attendus pour notre problématique : confirmation de l'impact des jeux de plateaux sur les compétences numériques et effet combiné de deux variables (jeux de plateaux et entraînement visuo-spatial) sur l'efficacité de l'entraînement	6
Méthode	7
1. Contexte de ce mémoire	7
2. Participants	8
3. Méthode et procédures	8
3.1. Méthodologie de l'étude Kids e-Stim	8
3.2. Méthodologie spécifique à notre mémoire	10
Résultats	12
1. Comparaison des résultats des deux groupes (selon l'habitude de jeux de plateaux)	12
1.1. Mesures pré-entraînement	12
1.2. Taille du gain selon l'habitude de jouer à des jeux de plateaux	13
1.3. Evolution de l'écart entre les deux groupes (selon l'habitude de jouer à des jeux de plateaux)	15
1.4. Significativité des résultats pré/post-entraînement par groupe	16
2. Significativité des différences entre les résultats pré et post-entraînement des deux groupes comparés (selon l'habitude de jouer à des jeux de plateaux)	18
3. Effets des deux variables combinées (jeux de plateaux et type d'entraînement) sur chacune des épreuves	19
Discussion	20
1. Interprétation des résultats	20
1.1. Mesure de l'effet de l'entraînement : gains bruts selon l'exposition aux jeux de plateaux	20
1.2. Mesure de l'effet de l'entraînement : évolution de l'écart entre les deux groupes	22
1.3. Mesure de l'effet de l'entraînement sur chacun des groupes : test statistique mesurant l'écart pré et post-entraînement selon l'habitude de jeux	23
1.4. Mesure de l'effet de l'habitude de jeux : test statistique comparant l'écart pré et post-entraînement entre les deux groupes	23
1.5. Effet combiné de deux facteurs (jeux de plateaux et type d'entraînement) sur les compétences mathématiques	24
2. Comparaison des résultats avec les hypothèses de recherche et avec les données de la littérature	24
3. Intérêt pour l'orthophonie	25
4. Limites de cette étude	26

5.Pistes de futures recherches.....	27
Conclusion.....	28
Bibliographie.....	30
Liste des annexes.....	32

Introduction

Les habiletés mathématiques impactent de nombreux aspects de la vie de l'enfant et de l'adulte. En effet, en premier lieu, la non-maîtrise des compétences mathématiques peut avoir des conséquences sur divers domaines de la vie quotidienne : pour l'enfant, le risque de décrochage scolaire est, selon Fortin, Royer, Potvin, Marcotte et Yergeau (2004), corrélé aux résultats en mathématiques. De même, le choix d'une orientation professionnelle peut être contraint par les difficultés dans ce domaine : de nombreux métiers nécessitent des compétences de base, qu'il s'agisse de lecture de nombres, appelé aussi « transcodage », de procédures de calcul (additions, soustractions, multiplications, divisions) ou encore de compréhension de la base 10, c'est-à-dire par exemple comprendre que 99 centimes plus 1 centime font un euro. Nous pouvons tout à fait imaginer que ne pas avoir acquis ces compétences de base est une forme de handicap pour l'adulte et que cela entraîne, dès l'enfance, des conséquences sur les aspects plus psychologiques, tels que l'anxiété des mathématiques ou encore l'estime de soi (Ashcraft & Moore, 2009). Le fait d'être employé à temps plein serait également corrélé aux compétences numériques, comme le suggère l'étude de Rivera-Batiz menée sur 840 américains (1992). C'est pourquoi agir tôt sur les difficultés en mathématiques, voire même agir préventivement, est un enjeu majeur.

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer l'impact d'un usage familial de jeux de plateaux impliquant le nombre, tels que petits chevaux, jeux de l'oie, jeux des serpents et des échelles, sur trois types d'entraînements mathématiques, à savoir un entraînement tel que ceux pratiqués en écoles maternelles avec un support physique manipulable, un entraînement du même type effectué sur tablette et un entraînement spécifique des habiletés visuo-spatiales, également sur tablette. En effet, de récentes études ont permis de mettre en évidence d'une part une corrélation entre pratique des jeux de plateaux (Siegler & Ramani, 2008) et meilleures performances en mathématiques et d'autre part entre un entraînement visuo-spatial et l'amélioration de ces mêmes habiletés (Cornu, Schiltz, Pazouki, & Martin, 2017). C'est en continuité avec ces courants de recherche que nous allons collecter et utiliser les données d'une étude longitudinale en cours, Kids e-Stim, qui est menée conjointement par les Universités de Lille et du Luxembourg. Dans le cadre de cette étude, une première série de mémoires, réalisés également au département d'orthophonie de l'Université de Lille, est parue en 2018, mais n'intégrait pas les données post-entraînements.

Les résultats obtenus pourraient permettre de mieux comprendre les facteurs influençant la cognition mathématique d'enfants en maternelle et en début de primaire et ainsi permettre aux professionnels de la petite enfance d'avoir des pistes d'action potentielles pour favoriser le développement des habiletés numériques auprès de jeunes enfants. Enfin, les orthophonistes pourraient tirer profit de ces connaissances pour remédier aux difficultés dans le cadre de rééducations orthophoniques des troubles des apprentissages mathématiques.

Nous essaierons donc de confirmer s'il existe un lien, pour l'étude Kids e-Stim, entre les jeux de plateaux et le développement de la cognition mathématique et si ce lien est majoré selon les types d'entraînement, et plus particulièrement pour l'entraînement visuo-spatial. Pour cela, nous étudierons les données de ladite étude, menée auprès de 172 enfants de maternelle et de grande section, dans la région arrageoise. Nous analyserons les données collectées, en distinguant des sous-groupes selon deux variables : l'habitude familiale de jeux d'une part et le type d'entraînement d'autre part.

Nous détaillerons donc dans les pages suivantes l'état actuel des recherches au sujet de l'impact de ces deux dernières variables dans le développement de la cognition mathématique, puis nous définirons les objectifs poursuivis à travers la confirmation de nos hypothèses. Nous exposerons comment les données ont été recueillies et quels traitements statistiques ont été appliqués à celles-ci. Enfin, à partir des résultats obtenus, nous tenterons d'apporter un regard critique sur ceux-ci et de proposer des pistes de recherches futures.

Contexte théorique, buts et hypothèses

Dans le courant des sciences cognitives, les études au sujet des facteurs impactant les compétences mathématiques des enfants se sont multipliées ces dernières années. C'est à partir des postulats de ces recherches que nous avons pu dégager notre propre problématique, que nous allons exposer *infra*.

1. Connaissances actuelles concernant les habiletés mathématiques

Les études menées ces dernières années en cognition mathématique portent notamment sur les domaines suivants, qui ont orienté notre mémoire : les prérequis nécessaires à une bonne acquisition des concepts mathématiques, l'influence de facteurs intrinsèques et extrinsèques sur le développement de ces acquisitions et enfin les corrélations entre habiletés visuo-spatiales et amélioration des résultats en mathématiques d'une part, et entre jeux de plateaux et meilleures compétences numériques d'autre part.

1.1. Prérequis nécessaires au développement de la cognition mathématique

Le développement chez l'enfant des habiletés en numération, c'est-à-dire la capacité à comprendre et à utiliser des concepts mathématiques, serait notamment corrélé au développement d'un certain nombre de prérequis. Parmi ces compétences préalables, on peut citer les connaissances langagières propres aux mathématiques (acquisition de la chaîne numérique, faits arithmétiques, transcodage,...) et les connaissances spécifiques aux manipulations des concepts mathématiques (correspondance terme à terme, principe de cardinalité, d'abstraction, c'est-à-dire la capacité à concevoir que la numérosité est indépendante de la nature de l'objet). Enfin, d'autres compétences cognitives (mémoire de travail, mémoire à long terme, réversibilité de la pensée, c'est-à-dire la capacité à concevoir l'inverse d'une action effectuée, utile pour la compréhension de la soustraction) entrent en jeu dans la construction des compétences en mathématiques (voir pour revue, Fayol, 2013).

Ces prérequis seraient donc nécessaires à l'acquisition des différents aspects des mathématiques, mais d'autres facteurs sont impliqués dans le développement de ces habiletés chez l'enfant.

1.2. Facteurs intrinsèques à l'enfant et à ses interactions avec son entourage

Certaines études ont permis de mettre en évidence des variables corrélées à de meilleures compétences en mathématiques. Il semblerait que différents critères puissent influencer ces capacités. Anders et al. (2012) évoquent ainsi des facteurs fréquemment cités par les auteurs : l'âge, le sexe, la langue parlée à la maison, le statut socio-économique, l'éducation de la mère ou encore l'âge à l'entrée à l'école maternelle. Mais d'autres critères entreraient peut-être en jeu. Ainsi, l'étude de Kleemans, Peeters, Segers, & Verhoeven (2012) met en lumière l'influence des expériences de calcul à domicile par le biais de tests et de questionnaires parentaux. Il en ressort que les activités parents-enfants, les attentes parentales, les compétences cognitives et les compétences linguistiques semblent permettre de prédire les habiletés précoces en numératie. Par ailleurs, l'étude d'Anders et al. (2012), met en avant que dans leur échantillon de 532 enfants, les compétences en calcul précoce seraient directement corrélées aux activités parents-enfants et en particulier à une plus grande quantité d'activités portant sur l'alphabétisation que sur la numératie.

Cependant, ces facteurs ne sont peut-être pas les seuls à influencer la maîtrise des concepts et procédures mathématiques ultérieures. Parmi ces éléments, dans la littérature scientifique, deux facteurs qui semblent être corrélés aux compétences numériques ont retenu notre attention : les compétences visuo-spatiales d'une part, et la pratique familiale des jeux de plateaux.

1.3. Compétences visuo-spatiales et mathématiques

Le lien entre le développement de la cognition mathématique et les compétences visuo-spatiales a été mis en évidence par le biais d'observations cliniques. Ainsi, chez les patients atteints du syndrome de Gertsman, qui atteint le lobe pariétal et le gyrus angulaire, on retrouve, outre une agnosie digitale et une agraphie, une acalculie et un trouble de la différenciation entre la gauche et la droite et parfois une apraxie constructive. Cela pourrait être lié à la proximité topographique entre les zones identifiées comme ayant un rôle dans les compétences mathématiques et les zones impliquées dans les capacités visuo-spatiales. D'après une étude de Chen, Xu, Shang, Peng et Luo (2014), le gyrus angulaire et le gyrus supramarginal gauches pourraient d'ailleurs être liés à la représentation symbolique de l'ordinalité. Par ailleurs, différentes études mettent en évidence l'effet SNARC (c'est-à-dire l'effet de l'intégration corporelle latéralisée de la ligne numérique mentale et son orientation dans l'espace ; Dehaene & Brannon, 2012, Houdé et al., 2011, Hubbard, Piazza, Pinel, & Dehaene, 2005). De nombreuses études, citées par Cornu et al., 2018, mettent en évidence un lien entre numératie et compétences visuo-spatiales, et ce, du plus jeune âge jusque l'âge adulte. L'étude de Lefevre et al. (2010) a conclu à une corrélation significative entre empan spatial, c'est-à-dire la mémoire visuo-spatiale, et compétences en numératie. L'étude de Cheng et Mix (2014) montre un lien entre entraînement à des tâches de rotation mentale et amélioration de la mémoire visuo-spatiale et des compétences en calcul. Cornu et al., dans leur étude de 2018, concluent à une corrélation entre aptitudes arithmétiques verbales et tâches visuo-spatiales (du même type que celles administrées dans l'étude Kids e-Stim : tâches de perception spatiale qui consiste en une copie de lignes agencées dans une grille).

Selon cette étude, les jeunes enfants utiliseraient des stratégies visuo-spatiales pour résoudre de petits problèmes mathématiques.

La littérature précitée nous permet donc de poser notre premier postulat, qui s'énonce ainsi : les compétences visuo-spatiales et les habiletés numériques seraient liées.

1.4. Jeux de plateaux et cognition mathématique

Les jeux de plateaux, c'est-à-dire des jeux induisant un déplacement dans l'espace impliquant le nombre, pourraient être corrélés au développement de la cognition mathématique pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ils induisent un déplacement vers une numérosité toujours plus grande lorsqu'on avance dans le jeu, ce qui pourrait les apparenter à la ligne numérique mentale, et ce d'autant plus s'il s'agit d'un déplacement linéaire et non circulaire de type jeu de l'oie (Siegler et Ramani, 2009). Ils font vraisemblablement appel également au subitizing, c'est-à-dire à l'identification immédiate d'un pattern de points sur le dé, ce qui permet d'entraîner la représentation exacte de la magnitude pour les nombres inférieurs à six. Enfin, ils développent potentiellement le surcomptage, puisque l'enfant qui se trouve à la case numéro deux du jeu et qui fait quatre au dé se déplace jusqu'à la case six. L'apprentissage de ce surcomptage n'est pas nécessairement explicite. Certains auteurs ont mis en évidence une corrélation entre une exposition à des jeux de plateaux impliquant le nombre et une amélioration des compétences en mathématiques dans les milieux les moins favorisés (Elofsson, Gustafson, Samuelsson, & Träff, 2016 ; Siegler & Ramani, 2008). Une étude sur une population plus large d'un point de vue socio-économique menée sur 110 enfants par Benavides-Varela, Butterworth, Burgio, Arcara, Lucangeli et Semenza (2016) a mis en évidence une corrélation positive entre les jeux de plateaux et la cognition mathématique.

Nous pouvons donc poser notre second postulat, qui s'énonce comme suit : les compétences précoces en mathématiques seraient meilleures lorsque les enfants jouent à des jeux de plateaux.

Ces différents éléments (prérequis, facteurs intrinsèques et extrinsèques, compétences visuo-spatiales et jeux de plateaux) sont autant de leviers qui pourraient, s'ils sont avérés, être utilisés tant dans l'apprentissage scolaire des mathématiques qu'en remédiation orthophonique.

2. Objectifs poursuivis par notre étude

Par cette étude, nous poursuivons à la fois des objectifs pour la recherche fondamentale, mais également en sciences de l'éducation, en éducation précoce et surtout pour la prévention et la remédiation orthophonique.

2.1. Objectifs en recherche fondamentale

Dans ce mémoire, nous comptons approfondir deux facteurs particuliers, à savoir les effets de l'entraînement visuo-spatial et ceux de l'utilisation familiale de jeux de plateaux. Jusqu'à présent, à notre connaissance, ces deux variables ont été étudiées séparément. Nous allons donc d'abord analyser l'effet de l'habitude de jouer à des jeux de plateaux, quel que soit

le type d'entraînement, afin de valider, pour l'étude Kids e-Stim, les recherches citées plus haut. Nous cherchons à savoir également si en combinant deux facteurs, à savoir les jeux de plateaux et l'entraînement visuo-spatial, il y a un effet plus important sur le développement de la cognition mathématique.

2.2. Objectifs pour les connaissances utiles aux professionnels de la petite enfance et de l'enseignement

Dans un objectif plus large que celui du mémoire, si ces hypothèses sont vérifiées, il pourrait alors être intéressant d'envisager d'intégrer ces données dans les formations des professionnels de la petite enfance et de l'enseignement, afin d'agir préventivement sur une éventuelle apparition de troubles des apprentissages mathématiques chez les enfants identifiés comme à risque, au vu des facteurs décrits précédemment, ou sur l'ensemble de la population.

2.3. Objectifs pour l'orthophonie

Dans un objectif orthophonique, ces connaissances permettraient peut-être de mieux comprendre quelques-uns des facteurs influençant potentiellement les difficultés mathématiques. A partir de ce constat, ces notions seraient vraisemblablement utiles pour orienter au mieux les rééducations, voire pour prévenir les troubles des apprentissages mathématiques avant qu'ils ne s'installent durablement. En ce qui concerne les rééducations, il serait intéressant de savoir si proposer un temps de jeu familial, en complément d'une prise en charge orthophonique orientée sur le domaine visuo-spatial, pourrait permettre de maximiser les effets de celle-ci. Pour l'aspect préventif, cela permettrait, dans le cadre des missions de prévention de l'orthophoniste, de sensibiliser les familles et les professionnels à l'intérêt des jeux de plateaux.

Les intérêts poursuivis par notre mémoire sont donc multiples. Afin de déterminer la pertinence des pistes proposées, nous allons formuler différentes hypothèses de travail.

3. Hypothèses de travail

A partir des connaissances actuelles en cognition mathématique, nous postulons différentes hypothèses. Les compétences en numératie et les habiletés visuo-spatiales seraient liées, c'est ce qu'essaie notamment de mettre en évidence l'étude Kids e-Stim. Nous tenterons donc de savoir si un entraînement des habiletés visuo-spatiales améliorerait les compétences mathématiques. Au-delà de cette première hypothèse, nous espérons répondre à la problématique spécifique de notre mémoire, qui est à la fois de confirmer l'existence d'un lien entre jeux de plateaux et habiletés numériques, mais aussi et surtout de définir si la pratique des jeux de plateaux combinée à un entraînement visuo-spatial permet de démultiplier les effets de ce dernier par rapport à d'autres types d'entraînement.

3.1. Résultats attendus sur l'étude Kids e-Stim : l'entraînement visuo-spatial potentiellement plus efficace que d'autres entraînements

Si on tient compte des connaissances actuelles sur le lien entre capacités visuo-spatiales et compétences en mathématiques, on peut supposer qu'un entraînement spécifique de ces capacités pourrait améliorer les habiletés mathématiques, comme cela est suggéré dans d'autres études, notamment l'hypothèse proposée par Cornu et al. (2017) ou celle de Cheng et Mix (2014). Afin de distinguer l'effet spécifique de l'entraînement visuo-spatial, l'étude Kids e-Stim propose deux autres types d'entraînement, que nous détaillerons ci-après.

3.2. Résultats attendus pour notre problématique : confirmation de l'impact des jeux de plateaux sur les compétences numériques et effet combiné de deux variables (jeux de plateaux et entraînement visuo-spatial) sur l'efficacité de l'entraînement

Comme nous l'avons évoqué, pour certains auteurs (voir notamment Siegler et Ramani, 2008), la pratique familiale des jeux, et plus particulièrement les jeux de plateaux, renforcerait les capacités en mathématiques. En combinant cette variable avec différents types d'entraînement (visuo-spatial sur tablette, entraînement « prérequis mathématiques » de type classique, entraînement « prérequis mathématiques » sur tablette), nous nous attendons à avoir une influence sur les habiletés numériques (tableau 1).

Selon nos hypothèses, si on propose un matériel de type jeux classiques (entraînement prérequis mathématiques classique, ci-après dénommé PMc), on trouvera une différence entre le groupe qui joue à des jeux de plateaux (J) et le groupe qui n'y joue pas (NJ), qui s'expliquerait par la pratique antérieure des jeux de plateaux.

Si on propose le même type de matériel, mais en version numérique (entraînement prérequis mathématiques sur tablette, ci-après dénommé PMt), soit on observe des résultats tout à fait similaires à la condition entraînement PMc, soit les résultats sont significativement différents en faveur de la condition prérequis mathématiques classiques, et dans ce cas, cela pourrait signifier que la manipulation physique d'objets entre en jeu.

Enfin, si on propose un matériel tout à fait différent (entraînement des capacités visuo-spatiales, dénommé ci-après VS) et si on prend en compte à la fois l'hypothèse du lien entre capacités visuo-spatiales et mathématiques d'une part et entre jeux de plateaux et habiletés numériques d'autre part, on obtiendrait des résultats démultipliés pour la condition entraînement visuo-spatial associé à la condition pratique antérieure de jeux de plateaux. C'est précisément cette hypothèse qui a motivé ce mémoire.

Tableau 1 : Tableau des résultats attendus selon la condition 1 « pratique des jeux de plateaux pré-existante à l'entraînement » et la condition 2 « pas de pratique des jeux de plateaux pré-existante ».

Type de matériel	Habitude de jeux antérieure (à la maison) (groupe J)	Pas d'habitude de jeux antérieure (à la maison) (groupe NJ)
Entraînement prérequis mathématiques classique (entraînement PMc)	Résultats meilleurs pour ce groupe par rapport au groupe NJ ayant suivi l'entraînement PMc en raison de la pratique antérieure des jeux de plateaux	Résultats moins bons que pour le groupe J ayant suivi l'entraînement PMc.
Entraînement prérequis mathématiques sur tablette (entraînement PMt)	Résultats meilleurs pour ce groupe par rapport au groupe NJ ayant suivi l'entraînement PMt en raison de la pratique des jeux de plateaux Si les résultats sont moins bons que dans la condition (J-entraînement PMc), la manipulation physique d'objets pourrait être en jeu.	Résultats moins bons pour ce groupe par rapport au groupe J ayant suivi l'entraînement PMt en raison de l'absence de pratique des jeux de plateaux Si les résultats sont moins bons que dans la condition (J-entraînement PMc), la manipulation physique d'objets pourrait être en jeu.
Entraînement des capacités visuo-spatiales (entraînement VS)	Résultats meilleurs que pour le groupe de la condition NJ (en raison de la pratique des jeux de plateaux) et que pour les groupes entraînements PMc et PMt (en raison de l'influence de l'entraînement visuo-spatial).	Résultats moins bons que pour le groupe de la condition "J-entraînement VS" (en raison de l'absence de pratique antérieure des jeux de plateaux) mais potentiellement meilleure que pour les groupes entraînements PMc et PMt (en raison de l'influence de l'entraînement visuo-spatial).

A partir de ces hypothèses et afin de répondre à notre problématique, qui est de savoir si la pratique précoce des jeux de plateaux renforce les effets d'un entraînement des capacités visuo-spatiales, se traduisant par de meilleurs résultats à des tâches d'habiletés mathématiques, nous allons mettre en place une méthodologie précise.

Méthode

Notre méthodologie est en partie assujettie à celle mise en place dans le cadre de l'étude en cours Kids e-Stim et comporte également des spécificités propres à notre problématique.

1. Contexte de ce mémoire

Ce projet de mémoire s'inscrit dans une série de mémoires d'orthophonie, dont la première phase a été soutenue en juin 2018.

L'hypothèse de départ vise à évaluer les effets d'un entraînement visuo-spatial sur les compétences mathématiques en comparant les résultats de cet entraînement avec des

entraînements de type traditionnel, soit avec du matériel manipulable (entraînement « prérequis mathématiques » classique, PMc), soit digital sur tablette (entraînement « prérequis mathématiques » sur tablette, PMt).

L'étude ayant commencé l'année dernière, les diverses autorisations et démarches ont été effectuées en amont de notre mémoire : démarches CNIL, comité d'éthique, et pour le premier échantillon, contacts avec les inspections académiques, avec les enseignants et obtention des consentements des familles des élèves concernés.

2. Participants

L'échantillon obtenu pour cette première tranche d'étude compte 8 classes, soit 172 élèves, dont 60 de moyenne section et 112 de grande section. Les classes concernées, appartenant à des écoles de la région d'Arras, se situent dans un environnement a priori majoritairement issu de classes moyennes. Ont été exclus de l'étude Kids e-Stim, à partir des données recueillies par les épreuves de la WNV (WISC non verbale, dont l'objectif est de mesurer l'efficacité intellectuelle), les enfants dont les scores étaient très inférieurs à la norme. Une autorisation parentale a été recueillie pour chaque enfant dont les données ont été enregistrées et un consentement adapté a été recueilli auprès de chaque enfant. L'étude étant longitudinale, ces élèves ont été à nouveau testés en grande section ou en CP, en novembre 2018. Les données ont été anonymisées lors de leur encodage dans un tableur.

Les enfants ont été répartis aléatoirement dans un des trois groupes d'entraînement : 57 enfants ont été inclus dans le groupe d'entraînement « prérequis mathématiques » classique, 52 enfants dans le groupe d'entraînement « prérequis mathématiques » sur tablette et 53 dans le groupe d'entraînement visuo-spatial.

3. Méthode et procédures

Si la méthode est commune à l'étude Kids e-Stim, en revanche, les procédures utilisées pour le traitement des données seront spécifiques à notre problématique. Nous allons détailler ici les matériaux et procédures que nous comptons employer.

3.1. Méthodologie de l'étude Kids e-Stim

Cette étude comportait cinq phases détaillées dans la figure 1.

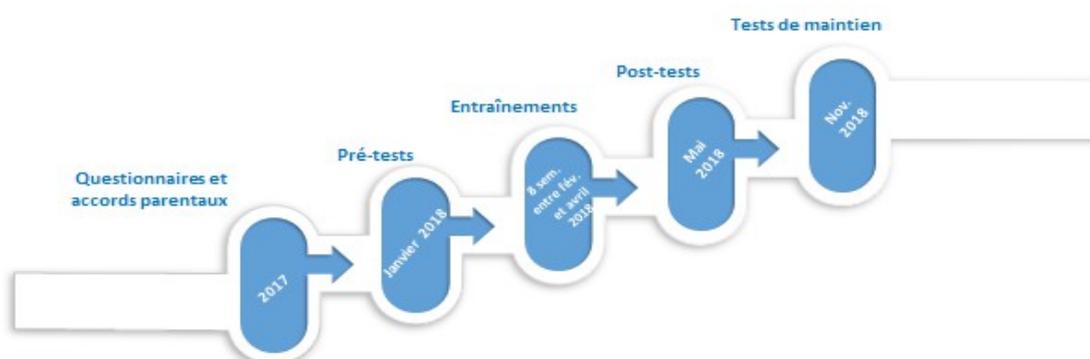


Figure 1 : Etapes du projet Kids e-Stim

Après la collecte des accords parentaux, des questionnaires étaient proposés aux familles afin de connaître les différentes activités de jeux des enfants étudiés : fréquence et type des activités (jeux de société, utilisation de tablettes, jeux manuels, télévision, jeux vidéo).

Après cette étape, l'étude Kids e-Stim prévoyait un test pré-entraînement. Les épreuves proposées dans celui-ci permettent d'évaluer des compétences globales et des compétences mathématiques (tableau 2 et 3).

Tableau 2 : Compétences globales évaluées à la phase pré-entraînement de l'étude Kids e-Stim

Compétences globales	
- le raisonnement logique	- test des matrices de la WNV (Wisc non verbale)
- les aptitudes visuo-spatiales	- orientation spatiale : lequel est le même, lequel est différent (parmi des figures orientées différemment) - relations spatiales : relier une constellation de points selon un modèle
- les gnosies digitales	- test de Galifret-Granjon main droite puis main gauche
- la mémoire de travail verbale et visuo-spatiale	- répétition de noms de couleurs, dont le nombre est croissant au fil de la tâche - épreuve des blocs de Corsi, impliquant la mémoire visuo-spatiale

Tableau 3 : Compétences mathématiques évaluées à la phase pré-entraînement de l'étude Kids e-Stim

Compétences mathématiques	
- les compétences en comptage	- connaissance de la chaîne numérique (comptage libre) - chaîne numérique sécable : comptage avant « à partir de », comptage à rebours « à partir de » - dénombrement d'objets
- le transcodage	- transcodage de nombres arabes vers le code verbal (lecture de nombres à voix haute)
- le système numérique approximatif	- comparaison de numérosités symboliques (chiffres puis nombres) - comparaison de numérosités non-symboliques (comparaison de patterns de points)
- la représentation de la ligne numérique mentale et le concept d'ordinalité	- placement de nombres sur une ligne où les graduations 0 et 20 sont placées - complétion d'une ligne numérique par le chiffre manquant
- les compétences en calcul	- additions avec support non symbolique (représentation d'un nombre de doigts à additionner) - additions avec support symbolique (chiffres arabes)

Pour le premier échantillon de l'étude Kids e-Stim, les tests pré-entraînements ont été administrés en janvier 2018.

Suite à ce test pré-entraînement, pour confirmer ou infirmer l'hypothèse de départ, les étudiants participant à ce projet avaient élaboré et administré un des trois types d'entraînement à l'échantillon, réparti aléatoirement :

- le premier était un entraînement de type « classique », tels que ceux pratiqués actuellement dans les écoles de maternelle avec du matériel manipulable.
- le deuxième était un entraînement du même type que le premier, à ceci près qu'il était administré par le biais d'une tablette.
- le dernier était un entraînement spécifique des fonctions visuo-spatiales, permettant de déterminer si cet entraînement améliore les compétences mathématiques. Cet entraînement avait lieu sur tablette.

Cet entraînement devait initialement durer 10 semaines mais pour des raisons d'organisation, il n'a été que de 8 semaines, à raison de 2 fois par semaine, administré entre février et avril 2018.

A la suite de cet entraînement, nous avons réalisé un test post-entraînement en mai 2018. Les rubriques de celui-ci comportent les mêmes items que le test pré-entraînement, à ceci près que le test des matrices n'a pas été à nouveau proposé, puisqu'il était peu probable que les résultats obtenus aient été significativement différents de ceux obtenus au test pré-entraînement. Les passations de ces tests post-entraînement ont été réalisées de manière individuelle avec chaque enfant, dans des salles mises à disposition par les écoles. La durée de ces tests était de l'ordre d'une quarantaine de minutes par enfant.

Enfin, en novembre 2018, nous avons de nouveau testé par des tests de maintien le même échantillon, alors en grande section et en CP, afin de savoir si on pouvait observer un effet durable des entraînements proposés.

3.2. Méthodologie spécifique à notre mémoire

Afin de répondre à notre problématique, nous avons utilisé le questionnaire proposé aux parents en préalable de l'étude Kids e-Stim. Celui-ci comportait des items sur la thématique des jeux de société de type jeux de plateaux et d'autres types de jeux (jeux sur tablette, jeux de carte, jeux manuels, jeux vidéo).

Les données à notre disposition via les questionnaires parentaux concernant plus particulièrement les jeux de société, voire les jeux de plateaux, étaient de plusieurs types : des données évaluant le rang, c'est-à-dire que les parents devaient classer les activités (tablette, jeux de société, jeux manuels, télévision...) de leur enfant du plus fréquent au moins fréquent, des données évaluant la fréquence (à quelle fréquence hebdomadaire l'enfant joue-t-il à des jeux de société), des données évaluant le volume horaire hebdomadaire et enfin des données précisant quels types de jeux de société l'enfant pratique. Seule la variable « jeux de plateaux » (JsTp) sera étudiée dans notre mémoire.

L'échantillon exploitable (N=136, conditions d'intégration à cette étude : questionnaire parental renseigné, test pré-entraînement, entraînement et test post-entraînement réalisés) était

réparti comme suit après le questionnaire parental : 44 enfants n'avaient pas l'habitude de jouer à des jeux de plateau, contre 92 enfants qui avaient cette pratique familiale (tableau 4).

Tableau 4 : Répartition des effectifs (échantillon exploitable).

Groupe d'entraînement	Variable jeux de plateaux		Total
	0 : pas de jeux de plateaux	1 : pratique familiale de jeux de plateaux	
VS (visuo-spatial)	13	30	43
PMt (prérequis mathématiques tablette)	14	28	42
PMc (prérequis mathématiques classique)	17	34	51
Total	44	92	136

Nous avons donc pu extraire de ces questionnaires notre premier type de variable, qui est l'habitude familiale à jouer à des jeux de plateaux. Nous obtenons donc deux groupes : un groupe que nous appellerons ci-après « NJ » (« Non Joueurs », enfants jouant pas à des jeux de plateaux) et un groupe que nous appellerons « J » ("Joueurs", enfants jouant à des jeux de plateaux). Les critères retenus pour que les données soient exploitables étaient : un test pré-entraînement et un test post-entraînement complétés sur la compétence étudiée, ce qui permet d'évaluer si la compétence s'est améliorée et d'autre part, un questionnaire parental complété pour la variable-cible, ici la pratique des jeux de plateaux. A partir de la variable « habitude familiale de jeux de plateaux », nous avons pu extraire des sous-groupes pour chaque compétence testée, par exemple pour la compétence « lequel est le même », nous avons étudié dans un premier temps s'il existait une différence entre la phase de test pré-entraînement, que nous nommerons ci-après « T1 » et la phase de test post-entraînement, que nous nommerons ci-après « T2 ».

A partir des données recueillies, nous avons calculé, pour chaque compétence mesurée, s'il existait une différence entre les deux groupes (NJ - J), au temps du test effectué avant l'entraînement (NJ.T1 – J.T1) puis au temps du test post-entraînement (NJ.T2- J.T2) et nous avons calculé si cette différence augmentait ((NJ.T2 – J.T2) – (NJ.T1 – J.T1)).

Ensuite, nous avons appliqué un test de Wilcoxon pour données appariées (via le site BiostaTGV), pour chaque compétence mesurée, afin de déterminer si l'entraînement était efficace pour chacun des groupes. Nous avons donc étudié pour chaque compétence si le score du groupe NJ au temps T2 était sensiblement différent de celui du temps T1 et nous avons procédé de même pour le groupe J. Dans cette analyse, nous avons donc déterminé l'hypothèse H0 comme suit : « il n'y a pas de différence de scores avant et après entraînement sur les compétences mesurées ». On détermine donc si l'entraînement du groupe J, puis du groupe NJ est statistiquement significatif pour chacune des compétences. Les mesures d'efficacité de l'entraînement concernent donc ici les mêmes individus, classés selon leur appartenance au groupe NJ ou J.

Nous avons ensuite étudié la taille de l'effet, afin de savoir si l'effet de l'habitude familiale de jeux de plateaux maximise l'effet de l'entraînement pour chacune des compétences observées. Pour cela, nous avons calculé pour chacun des deux groupes, la différence (ou delta – d) entre la compétence au temps 1 (test pré-entraînement) et au temps 2 (test post-entraînement), puis nous avons effectué une analyse statistique de Mann-Whitney pour échantillons indépendants, via le logiciel JASP, afin de rejeter l'hypothèse H0, qui était : « Les deux groupes (habitude familiale/pas d'habitude familiale) bénéficient de façon similaire de l'entraînement réalisé ». Nous mesurons donc si le delta (d) du groupe NJ entre T1 et T2 est significativement différent du delta (d) du groupe J entre T1 et T2. La mesure de l'efficacité de l'entraînement est donc ici calculée en prenant en compte le groupe d'appartenance (N ou NJ) afin de déterminer statistiquement parlant si le groupe J bénéficie plus de l'entraînement que le groupe NJ.

Enfin, nous avons ajouté la variable type d'entraînement à notre analyse, c'est à dire que nous avons étudié si l'effet de l'entraînement est plus important dans le groupe « entraînement visuo-spatial » que dans les groupes d'entraînement prérequis mathématiques classique ou prérequis mathématiques sur tablette, en fonction de la variable « jeux de plateaux ». L'hypothèse H0 était donc : « les deux groupes se comportent de la même façon, indépendamment du type d'entraînement effectué ». Pour cela, nous avons réalisé une ANOVA à 2 variables (jeux de plateaux : NJ / J, groupe d'entraînement : entraînement visuo-spatial / entraînement prérequis mathématiques classique / entraînement prérequis mathématiques sur tablette), via le logiciel JASP. Dans cette dernière analyse, les critères retenus pour que les données soient exploitables, incluaient, en plus des données précitées, un nombre de séances suffisant. Nous retenons arbitrairement qu'à partir de sept séances, qui est le nombre minimal de séances réalisés lors de la phase d'entraînement, un effet devrait pouvoir être perceptible.

Résultats

Nous allons d'abord exposer les résultats des deux groupes NJ et J pris séparément, puis nous donnerons les résultats de l'analyse comparative entre ces deux groupes. Enfin, nous ajouterons la variable groupe d'entraînement à notre analyse afin de déterminer si l'effet de l'entraînement est renforcé par l'habitude de jouer à des jeux de plateaux.

1. Comparaison des résultats des deux groupes (selon l'habitude de jeux de plateaux)

Nous proposons ici de détailler l'analyse, via des statistiques descriptives, des résultats obtenus par chacun des deux groupes (NJ et J).

1.1. Mesures pré-entraînement

Dès la phase de pré-entraînement, une différence entre les moyennes obtenues par les groupes J et NJ semble perceptible (tableau 5). En effet, à l'exception de la comparaison des patterns de points, toutes les autres compétences semblent mieux maîtrisées par le groupe J.

Cette différence est de l'ordre de 0,67 à 8,77% pour les compétences globales, avec un maximum de 8,77% de différence pour la compétence "relations spatiales". Pour les compétences mathématiques, cette différence est de 2,67 à 19% (figure 2); les plus fortes différences s'observant pour le comptage libre (8,52%), le comptage arrière à partir de (8,6%), la lecture de nombres à voix haute (8,89%) et le chiffre manquant (19%).

Tableau 5 : Différence pré-entraînement par épreuve selon la pratique des jeux de plateaux (score brut)

	Ne joue pas à des jeux de plateaux	Joue à des jeux de plateaux	Delta J-NJ
<i>Compétences globales</i>			
Lequel est différent (sur 10)	6.66	7.27	0.61
Lequel est le même (sur 10)	5.93	6.18	0.25
Relations spatiales (sur 44)	28.68	32.54	3.86
Mémoire de travail (sur 6)	1.75	1.97	0.22
Corsi (sur 6)	1.27	1.31	0.04
<i>Compétences mathématiques</i>			
Comptage libre (sur 50)	22.00	26.26	4.26
Comptage à partir de (sur 5)	2.77	3.04	0.27
Comptage arrière (sur 5)	1.2	1.63	0.43
Dénombrement (sur 3)	2.41	2.49	0.08
Lecture de nombres à voix haute (sur 18)	6.32	7.92	1.60
Précision en comparaison de chiffres (sur 100)	67.07	73.44	6.37
Précision en comparaison de patterns de points (sur 100)	96.21	94.93	-1.28
Additions non symboliques (sur 6)	2.59	2.90	0.31
Additions symboliques (chiffres) (sur 6)	1.57	2.02	0.45
Chiffre manquant (sur 6)	3.89	5.03	1.14

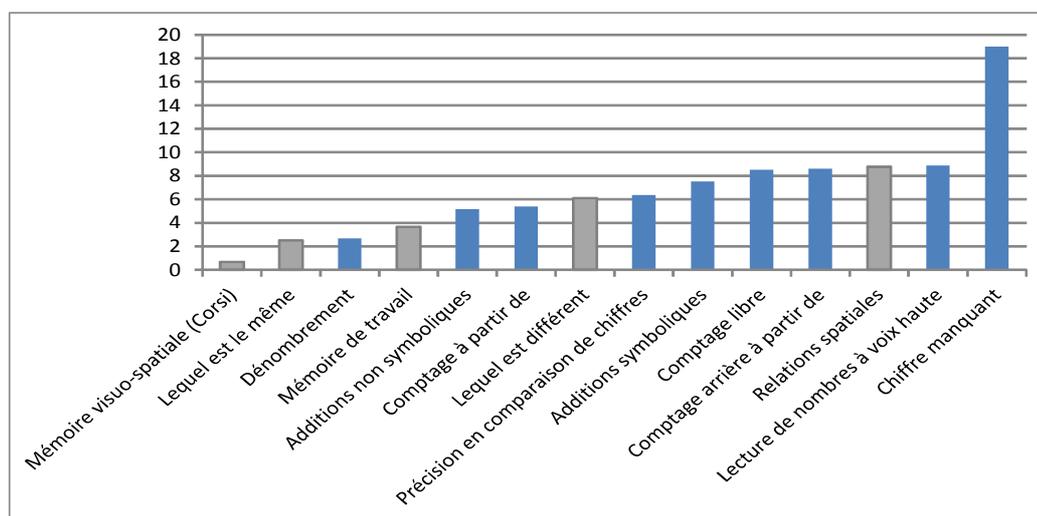


Figure 2 : Différence pré-entraînement entre les deux groupes (en pourcentage)

1.2. Taille du gain selon l'habitude de jouer à des jeux de plateaux

Nous avons commencé par mesurer les points gagnés entre les deux périodes pour chaque épreuve, selon l'exposition aux jeux de plateaux. On observe donc ici la différence de résultats du groupe « Ne joue pas à des jeux de plateaux » entre les temps pré- et post-

entraînement (delta : NJ2-NJ1) puis les résultats du groupe « Joue à des jeux de plateaux » dans les mêmes conditions (delta : J2-J1). Nous obtenons ainsi deux types de résultats : soit le groupe J est celui qui a le plus bénéficié de l'entraînement pour l'épreuve donnée (et présente donc le plus grand delta), soit c'est le groupe NJ.

Nous constatons, dans le tableau récapitulatif 6, que les gains sont plus importants pour le groupe NJ que pour le groupe J sur les items suivants :

- **compétences globales**
 - compétences visuo-spatiales : « lequel est différent », « lequel est le même », les relations spatiales
 - mémoire de travail verbale et visuo-spatiale
- **compétences mathématiques** :
 - comptage : comptage libre,
 - système numérique approximatif : précision en comparaison de patterns de points.

En revanche, les gains sont plus importants pour groupe J pour les items suivants :

- **compétences mathématiques** :
 - comptage : chaîne numérique sécable : comptage avant "à partir de", comptage arrière "à partir de"
 - dénombrement
 - transcodage : lecture de nombres à voix haute
 - système numérique approximatif : précision en comparaison de chiffres
 - calcul : additions non symboliques et additions symboliques
 - ordinalité : recherche du chiffre manquant.

Tableau 6 : Différence post/pré-entraînement par épreuve selon l'habitude de jeux (jeux de plateaux)

	Ne joue pas à des jeux de plateaux	Joue à des jeux de plateaux
	Points gagnés entre les deux périodes	
<i>Compétences globales</i>		
Lequel est différent (sur 10)	0.93	0.54
Lequel est le même (sur 10)	0.84	0.75
Relations spatiales (sur 44)	6.86	3.65
Mémoire de travail (sur 6)	0.34	0.33
Corsi (sur 6)	0.09	0.01
<i>Compétences mathématiques</i>		
Comptage libre (sur 50)	4.91	4.32
Comptage à partir de (sur 5)	0.32	0.34
Comptage arrière (sur 5)	0.18	0.50
Dénombrement (sur 3)	-0.05	0.02
Lecture de nombres à voix haute (sur 18)	1.55	2.54
Précision en comparaison de chiffres (sur 100)	6.18	6.64
Précision en comparaison de patterns de points (sur 100)	1.66	1.38
Additions non symboliques (sur 6)	0.14	0.40
Additions symboliques (chiffres) (sur 6)	0.25	0.57
Chiffre manquant (sur 6)	1.02	1.09

1.3. Evolution de l'écart entre les deux groupes (selon l'habitude de jouer à des jeux de plateaux)

Nous avons ensuite calculé l'écart pré-entraînement pour chacun des deux groupes afin de le comparer à l'écart post-entraînement. Cela permet de savoir si l'écart s'est creusé ou s'il s'est réduit. On observe donc ici la variation de l'écart entre le groupe NJ et le groupe J au temps pré-entraînement pour chaque variable (par exemple « Lequel est différent » NJ1-J1), puis au temps post-entraînement (« Lequel est différent » NJ2-J2). On observe ensuite si cet écart entre les deux groupes tend à se réduire ou à augmenter.

On relève (tableau 7) que l'écart entre les deux groupes augmente pour les compétences suivantes :

- **compétences mathématiques** :

- comptage : « comptage à partir de », « comptage arrière à partir de »,
- dénombrement,
- transcodage : lecture de nombres à voix haute,
- système numérique approximatif : précision en comparaison de chiffres,
- calcul : additions non symboliques et additions symboliques
- ordinalité : chiffre manquant.

L'écart tend en revanche à se réduire pour les épreuves suivantes :

- **compétences globales** :

- compétences visuo-spatiales : « lequel est différent », « lequel est le même » et relations spatiales
- mémoire de travail verbale.

Toutefois, deux épreuves ne pourront pas être intégrées à notre analyse : l'item précision en comparaison de patterns de points est moins bien réussi après l'entraînement pour les deux groupes, et l'item bloc de Corsi est mieux réussie pour un seul des deux groupes.

Tableau 7: Evolution de l'écart entre les deux groupes pré et post-entraînement.

	Ne joue pas à des jeux de plateaux		Joue à des jeux de plateaux		Différence entre les 2 groupes avant entraînement	Différence entre les 2 groupes après entraînement	Variation de l'écart
	Avant entraînement	Après entraînement	Avant entraînement	Après entraînement			
<i>Compétences globales</i>							
Lequel est différent (sur 10)	6.66	7.59	7.27	7.82	0.61	0.22	Diminue
Lequel est le même (sur 10)	5.93	6.77	6.18	6.93	0.25	0.16	Diminue
Relations spatiales (sur 44)	28.68	35.55	32.54	36.20	3.86	0.65	Diminue
Mémoire de travail (sur 6)	1.75	2.09	1.97	2.30	0.22	0.21	Diminue
Corsi (sur 6)	1.27	1.36	1.31	1.32	0.03	-0.04	<i>Non interprétable</i>
<i>Compétences mathématiques</i>							
Comptage libre (sur 50)	22.00	26.91	26.26	30.58	4.26	3.67	Diminue
Comptage à partir de (sur 5)	2.77	3.09	3.04	3.38	0.27	0.29	Augmente
Comptage arrière (sur 5)	1.20	1.39	1.63	2.13	0.43	0.74	Augmente
Dénombrement (sur 3)	2.41	2.36	2.49	2.51	0.08	0.15	Augmente
Lecture de nombres à voix haute (sur 18)	6.32	7.86	7.92	10.47	1.61	2.60	Augmente
Précision en comparaison de chiffres (sur 100)	67.07	73.25	73.44	80.08	6.37	6.83	Augmente
Précision en comparaison de patterns de points (sur 100)	96.21	97.86	94.93	96.31	-1.28	-1.56	<i>Non interprétable</i>
Additions non symboliques (sur 6)	2.59	2.73	2.90	3.30	0.31	0.58	Augmente
Additions symboliques (chiffres) (sur 6)	1.57	1.82	2.02	2.59	0.45	0.77	Augmente
Chiffre manquant (sur 6)	3.89	4.91	5.03	6.12	1.15	1.21	Augmente

1.4. Significativité des résultats pré/post-entraînement par groupe

Nous avons ensuite mesuré, pour chaque groupe, les résultats de l'entraînement en comparant pour chaque critère testé, les scores pré et post-entraînements. Nous estimons donc si la différence est significative pour NJ2 comparé à NJ1 puis pour J2 comparé à J1. Pour cela, nous avons utilisé le test des rangs signés de Wilcoxon pour données appariées, étant donné que la population pré et post-entraînement est la même. Nous obtenons ainsi des valeurs p qui correspondent à la probabilité de rejeter à tort l'hypothèse H_0 , qui est « les valeurs observées en pré et en post-entraînement sont similaires ». Nous retenons un seuil d'erreur 5 %, c'est-à-dire que les valeurs de p inférieures à 0,05 nous amènent à rejeter l'hypothèse H_0 .

Les données obtenues, rapportées dans le tableau 8, montrent que les résultats sont significativement différents entre le pré-entraînement et le post-entraînement, à la fois dans le groupe NJ et le groupe J :

- **compétences globales :**
 - compétences visuo-spatiales « Lequel est différent », « Lequel est le même » et les relations spatiales,
- **compétences mathématiques :**
 - comptage : comptage libre
 - transcodage : lecture de nombre à voix haute
 - ordinalité : chiffre manquant.

Par ailleurs, on constate que pour le groupe NJ, il n'y a pas d'écart significatif de mesure entre les deux temps de l'expérience, contrairement au groupe J, pour les épreuves suivantes :

- **compétences globales :**
 - mémoire de travail verbale (p -valeur pour le groupe J : 0.01 = significative, pour le groupe NJ : 0.12 = non-significative)
- **compétences mathématiques :**
 - comptage : « comptage arrière à partir de » (p -valeur pour le groupe J : < 0.01 = significative, pour le groupe NJ : 0.29 = non-significative),
 - système numérique approximatif : précision en comparaison de chiffres (p -valeur pour le groupe J : < 0.01 = significative, pour le groupe NJ : 0.32 = non-significative),
 - calcul : additions symboliques (p -valeur pour le groupe J : < 0.01 = significative, pour le groupe NJ : 0.26 = non-significative).

Tableau 8 : Significativité de la différence pré- et post-entraînement pour chacun des deux groupes (selon la pratique des jeux de plateaux)

	Ne joue pas à des jeux de plateaux (N=44)	Joue à des jeux de plateaux (N=92)
	<i>p</i> -valeur	
<i>Compétences globales</i>		
Lequel est différent (score total)	0.03 *	0.01 *
Lequel est le même (score total)	< 0.01 *	< 0.01 *
Relations spatiales (score total)	< 0.01 *	< 0.01 *
Mémoire de travail (score total)	0.12	0.01 *
Corsi (score total) (N pour ne joue pas =91)	0.67	0.85
<i>Compétences mathématiques</i>		
Comptage libre (maximum atteint)	< 0.01 *	< 0.01 *
Comptage à partir de (score total)	0.22	0.17
Comptage arrière (score total)	0.29	< 0.01 *
Dénombrement (HMT- Score total)	0.73	0.86
Lecture de nombres à voix haute (score total)	< 0.01 *	< 0.01 *
Précision en vitesse motrice (%)	0.20	0.29
Précision en comparaison de chiffres (%)	0.32	< 0.01 *
Précision en comparaison de patterns de points (%)	0.28	0.59
Additions non symboliques (score total)	0.68	0.15
Additions symboliques (chiffres) (score total)	0.26	< 0.01 *
Chiffre manquant (score total)	0.02 *	< 0.01 *

Note : * = p -valeur significative

2. Significativité des différences entre les résultats pré et post-entraînement des deux groupes comparés (selon l'habitude de jouer à des jeux de plateaux)

Dans un deuxième temps, nous avons essayé de déterminer s'il y a une différence significative de scores entre les deux groupes. Pour cela nous avons calculé la différence moyenne pour chaque item puis nous avons appliqué un test de Mann-Whitney pour échantillons indépendants, classé par groupe (NJ et J). Nous mesurons donc si l'évolution entre NJ2-NJ1 est significativement différente de J2-J1. Nous obtenons une valeur de p qui permet de déterminer si la différence est significative. Pour les données détaillées par groupe, on se reportera à l'annexe 1.

Nous observons (tableau 9) une différence statistiquement significative entre nos deux groupes uniquement pour les compétences suivantes :

- **compétences globales :**
 - gnosies digitales : test de Galifret-Granjon, uniquement pour la main droite ($p = 0.01$)
- **compétences mathématiques :**
 - transcodage : lecture de nombres à voix haute ($p = 0.03$)

Tableau 9 : Significativité des différences (deltas) pré et post-entraînement pour les deux groupes comparés (joue à des jeux de plateaux/ ne joue pas à des jeux de plateaux)

Test de Mann-Whitney pour échantillons indépendants		
	<i>W</i>	<i>p</i>
<i>Compétences globales</i>		
Lequel est différent total	2119	0.58
Lequel est le même (score total)	2078	0.80
Relations spatiales (score total)	2306	0.19
Comptage libre (maximum atteint)	1973	0.81
Mémoire de travail (score total)	2021	0.93
Corsi (score total)	2127	0.63
<i>Compétences mathématiques</i>		
Comptage à partir de (score total)	2114	0.67
Comptage arrière (score total)	1715	0.11
Dénombrement HMT (score total)	1908	0.55
Lecture de nombres à voix haute (score total)	1554	0.03*
Pourcentage Précision en vitesse motrice	2095	0.52
Pourcentage Précision en comparaison de chiffres	1823	0.35
Pourcentage Précision en comparaison de nombres	1948	0.34
Pourcentage Précision en comparaison de patterns de points	2131	0.57
Galifret-Granjon Main Droite (score total)	1479	0.01*
Galifret-Granjon Main Gauche (score total)	1762	0.21
Additions non symbolique (score total)	1976	0.82
Additions symboliques (chiffres) (score total)	1926	0.64
Chiffre manquant (score total)	1898	0.55

Note. *W* : Mann-Whitney U test ; * = p -valeur significative

3. Effets des deux variables combinées (jeux de plateaux et type d'entraînement) sur chacune des épreuves

Enfin, dans un dernier temps, nous avons essayé de déterminer si le facteur jeux de plateaux combiné au facteur groupe d'entraînement pouvait engendrer une différence plus importante entre les groupes. Nous avons pour cela réalisé des ANOVA à deux facteurs (NJ/J et groupe d'entraînement) pour chacune des compétences mesurées, dont les résultats détaillés sont disponibles en annexe 2. Nous retenons à nouveau comme valeur significative de p une valeur égale ou inférieure à 0,05.

D'après les résultats reportés dans le tableau 10, nous obtenons des valeurs significatives pour les deux facteurs combinés pour les épreuves suivantes, en faveur du groupe d'entraînement PMt (entraînement prérequis mathématiques sur tablette):

- **compétences globales :**
- le test de Galifret-Granjon main droite (figure 3)
- **compétences mathématiques :**
-le comptage arrière « à partir de » (figure 4)

Tableau 10 : Significativité de l'effet des deux variables combinées (jeux de plateaux et groupe d'entraînement)

	<i>p-valeur</i>
<i>Compétences globales</i>	
LeaDtot (Lequel est différent total) ¹	0.48
LeaMtot (Lequel est le même total) ¹	0.16
ReSptot (Relations spatiales total) ¹	0.60
MDTtot (Mémoire de travail verbale total) ¹	0.03*
Total CorsiTot (mémoire visuo-spatiale total) ¹	0.84
<i>Compétences mathématiques</i>	
CntLib (Comptage libre total) ¹	0.41
CtAPDTo (Comptage à partir de total) ¹	0.47
CtArrTo (Comptage arrière total) ¹	< 0.01 *
HMT (Dénombrement total) ¹	0.36
Pourcentage 1Dgt (Comparaison de chiffres pourcentage) ¹	0.97
LVH (Transcodage (lecture de chiffres) total) ¹	0.28
GalMDTo (Galifret-Granion main droite total) ¹	0.04*
GalMGTo (Galifret-Granion main gauche total) ¹	0.94
Total AdDgt (additions non symboliques total) ¹	0.18
Total AdSb (additions symboliques total) ¹	0.71
Total CfMaTot (chiffre manquant total) ¹	0.58

Notes : 1 : Variables combinées : Variable NJ/J * Variable Groupe d'entraînement

Tests réalisés : ANOVA

* p -valeur significative

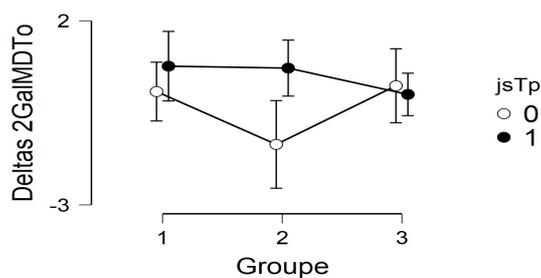


Figure 3 : Représentation graphique de l'ANOVA pour la compétence gnosies digitale droite selon le groupe d'entraînement (1 (VS), 2 (PMt) ou 3(PMc)) et la pratique familiale des jeux de plateaux (jsTp : 0 = NJ, 1= J)

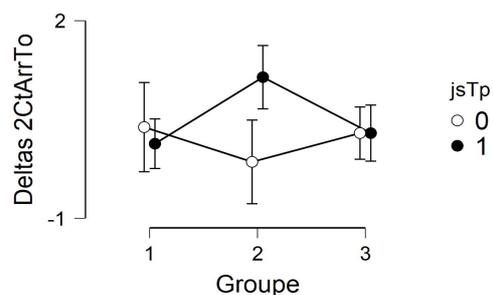


Figure 4 : Représentation graphique de l'ANOVA pour la compétence "comptage arrière à partir de" selon le groupe d'entraînement (1(VS), 2(PMT) ou 3(PMc)) et la pratique familiale des jeux de plateaux (jsTp : 0 = NJ, 1= J)

Discussion

1. Interprétation des résultats

1.1. Mesure de l'effet de l'entraînement : gains bruts selon l'exposition aux jeux de plateaux

Dès le temps pré-entraînement, les enfants qui ont une pratique de jeux de plateaux à la maison semblent avoir de meilleurs scores dans la quasi-totalité des compétences mesurées. Cette différence est plus marquée pour les relations spatiales, le comptage libre, le comptage arrière à partir de, la lecture de nombres à voix haute et pour le "chiffre manquant" (ordinalité).

La comparaison entre les temps pré et post-entraînement a permis de montrer que les deux groupes ont progressé sur la quasi-totalité des épreuves proposées. Cela peut être lié soit aux entraînements proposés, soit à d'autres facteurs environnementaux que nous exposerons plus loin. Nous allons d'abord nous intéresser au gain brut réalisé par chacun des groupes entre les deux entraînements, c'est-à-dire que l'on compare les données des tests pré-entraînement et post-entraînement par groupe.

Le groupe qui joue à des jeux de plateaux obtient des scores supérieurs à celui qui ne joue pas à des jeux de plateaux pour la quasi-totalité des épreuves, que ce soit en pré-entraînement ou en post-entraînement, excepté sur la précision en comparaison de patterns de points. Notons toutefois que ce dernier item plafonne pour les deux groupes.

Parmi les compétences où la différence avant entraînement est la plus marquée entre les deux groupes, en faveur du groupe ayant une pratique des jeux de plateaux, nous relevons les compétences pour les relations spatiales, le comptage libre, la précision en comparaison de chiffres et l'ordinalité. Ces premiers résultats vont dans le sens de notre hypothèse de départ, qui est que les enfants jouant à des jeux de plateaux auraient de meilleures compétences en

mathématiques. Ils semblent également similaires à ceux trouvés dans la littérature (Elofsson, Gustafson, Samuelsson, & Träff, 2016, Siegler & Ramani, 2008, Benavides-Varela et al., 2016), concernant le lien entre pratiques de jeux de plateaux et habiletés mathématiques.

Pour les compétences visuo-spatiales, le groupe qui ne jouait pas antérieurement à des jeux de plateaux a un gain supérieur à celui qui jouait à des jeux de plateaux, en ce qui concerne les mesures suivantes : lequel est différent, lequel est le même, relations spatiales. Les scores des deux groupes tendent à se rejoindre pour ces compétences. Avant entraînement, le groupe ayant déjà été exposé à des jeux de plateaux pourrait avoir de meilleures aptitudes visuo-spatiales en raison du lien entre déplacement sur un plateau et repérage spatial. En revanche, proposer un entraînement, qu'il soit visuo-spatial ou qu'il porte sur les pré-requis mathématiques, pourrait donc diminuer l'écart existant dans les compétences visuo-spatiales. Cela est d'autant plus surprenant qu'un entraînement par des tâches de rotation mentale ne semble pas améliorer les tâches de relations spatiales (Cheng et Mix, 2014).

Parmi les compétences numériques, les compétences de comptage du groupe qui ne joue pas à des jeux de plateaux s'améliorent plus que celles du groupe ayant cette pratique pour le comptage libre. Pourtant, lorsqu'il s'agit d'évaluer les capacités pour rendre la chaîne numérique sécable (compter "à partir de" et compter à rebours "à partir de"), les compétences s'accroissent plus pour le groupe exposé aux jeux de plateaux. Cela pourrait s'expliquer en partie par le fait que les déplacements sur les jeux de plateaux induisent un surcomptage à partir d'une case du jeu. On pourrait donc penser que le groupe ayant l'habitude de jouer à des jeux de plateaux développe des facilités dans ce domaine, qui s'accroissent potentiellement avec les entraînements proposés dans notre étude. En ce qui concerne le transcodage, le gain est plus important pour le groupe qui a une habitude familiale liée aux jeux de plateaux. On peut imaginer que les compétences liées au transcodage, via la lecture de chiffres sur le dé ou sur le plateau, sont entraînées plus précocement dans le groupe jouant à des jeux de société. Cette habitude précoce permettrait aux enfants d'être plus performants sur ce type de tâche. Les compétences liées au système numérique approximatif montrent une amélioration dans la tâche de comparaison des magnitudes symboliques (chiffres) en faveur du groupe qui jouait déjà à des jeux de société. Là encore, on peut imaginer que le groupe exposé aux jeux de plateaux a développé une plus grande habitude de comparer les chiffres, notamment parce que la longueur du déplacement à effectuer dépend de la magnitude indiquée par le dé. En revanche, pour la comparaison des magnitudes non symboliques (pattern de points), le groupe qui n'a pas d'habitude de jeux de plateaux a un gain plus important. En ce qui concerne les compétences en calcul (additions), qu'elles soient symboliques ou non symboliques, les gains obtenus sont plus importants pour le groupe ayant une pratique des jeux de société. On peut supposer un lien entre la manipulation des dés et la pratique familiale des additions, qui amélioreraient ce type de compétence. Enfin, parmi les compétences numériques, on peut noter que les compétences liées à l'ordinalité (donner le chiffre manquant) s'accroissent plus dans le groupe jouant aux jeux de société. La majorité de ces résultats sont similaires à ceux retrouvés dans la littérature concernant la corrélation entre jeux de plateaux et habiletés mathématiques, tant dans les compétences précoces que dans le caractère potentiellement persistant des différences (Siegler et Ramani, 2009).

Le gain sur le dénombrement est difficile à interpréter : en effet, le groupe qui n'avait pas pour habitude de jouer à des jeux de plateaux obtient un score légèrement inférieur aux

épreuves post-entraînements. Le nombre de tâches proposées (trois dénombrements) induit peut-être ce score inattendu, au regard de l'entraînement, mais surtout au regard de la progression liée à l'âge des enfants. Notons toutefois que le groupe "joue à des jeux de plateaux" obtient un score légèrement supérieur entre les tests pré-entraînement et les tests post-entraînement.

En ce qui concerne les compétences en mémoire, les deux groupes s'améliorent. Cependant, le groupe qui accroît le plus ses performances est celui qui ne joue pas aux jeux de plateaux. Les compétences pré-entraînement de ce groupe étaient légèrement plus faibles avant l'entraînement. L'amélioration pour les enfants qui ne jouaient pas à des jeux de plateaux a lieu tant pour la mémoire visuo-spatiale, que pour la mémoire de travail (répétition de noms de couleurs), avec un écart pré/post-entraînement assez faible pour cette dernière.

Nous retiendrons donc de cette première partie de l'analyse que globalement, les compétences numériques ont tendance à augmenter plus pour le groupe jouant à des jeux de société alors que les autres compétences (visuo-spatiales et mémoire) s'améliorent plus pour le groupe qui n'y joue pas. Notons toutefois deux exceptions, à savoir d'une part, le comptage libre, qui met en jeu deux types de compétences qui peuvent ou non se compléter : la mémoire de la comptine numérique et la compréhension du système décimal. D'autre part, la comparaison de patterns de points s'accroît plus pour les enfants qui ne pratiquent pas de jeux de société, mais comme dit plus haut, la précision sur ce type de tâche plafonne pour les deux groupes.

1.2. Mesure de l'effet de l'entraînement : évolution de l'écart entre les deux groupes

Nous allons maintenant nous intéresser à l'effet de l'entraînement afin de savoir si l'écart constaté entre les deux groupes avant entraînement a pu être réduit par celui-ci.

Pour les compétences visuo-spatiales, cet écart diminue à l'issue de l'entraînement. Ainsi, si avant l'entraînement le groupe qui ne joue pas à des jeux de plateaux a des scores a priori inférieurs à ceux de l'autre groupe, leurs scores ont tendance à se rejoindre. Par exemple, pour les relations spatiales, le score pré-entraînement était de 28,68 points sur 44 pour le groupe ne pratiquant pas les jeux de plateaux contre 32,54 points, soit un écart de 3,86 points. Après entraînement, ce score passe respectivement à 35,55 points et 36,20, soit 0,65 points d'écart. L'entraînement semble donc bénéficier aux deux groupes pour les compétences visuo-spatiales, avec un effet plus fort pour le groupe ne jouant pas à des jeux de société. Cette progression ne peut s'expliquer par l'entraînement seul, puisque la répartition des enfants ayant eu un entraînement visuo-spatial est sensiblement la même dans les deux groupes (de l'ordre de 30% de l'effectif du groupe) et que les deux autres types d'entraînement n'incluaient pas d'entraînement visuo-spatial. L'entraînement semble donc réduire la différence de compétences visuo-spatiales entre les enfants jouant à des jeux de plateaux et ceux n'y jouant pas. Cela est d'autant plus intéressant qu'un entraînement spécifique des compétences visuo-spatiales, telle que la tâche de rotation mentale proposée dans l'étude de Cheng et Mix (2014), ne permettrait pas, selon les résultats mis en évidence par ces auteurs, d'améliorer les scores pour les tâches de relations spatiales.

Lorsque l'on s'intéresse aux compétences liées à l'aspect numérique, on constate que l'écart entre les deux groupes augmente entre les temps pré et post-entraînement. Ainsi, les moyennes du groupe ne jouant pas à des jeux de plateaux, déjà moins élevées avant l'entraînement, augmentent plus faiblement que celles du groupe jouant à des jeux de plateaux. L'écart se creuse donc en défaveur des enfants ne jouant pas à des jeux de plateau, pour la quasi-totalité des compétences mesurées (comptage à partir de, comptage arrière, dénombrement, transcodage (lecture de nombres), comparaison de magnitudes symboliques, additions symboliques et non symboliques, ordinalité (chiffre manquant)). Seule la compétence comptage libre voit l'écart entre les deux groupes se réduire. Ces résultats pourraient donc aller dans le sens de notre hypothèse de départ, qui postule que les enfants bénéficiant d'une pratique de jeux de plateaux seraient meilleurs en mathématiques, mais ils pourraient permettre également d'envisager que l'écart continue de se creuser malgré les entraînements proposés dans notre expérience.

1.3. Mesure de l'effet de l'entraînement sur chacun des groupes : test statistique mesurant l'écart pré et post-entraînement selon l'habitude de jeux

Les deux groupes ont progressé significativement pour les compétences visuo-spatiales (par exemple : Lequel est différent : groupe NJ : $p = 0.03$, groupe J : $p = 0,01$. Pour les autres valeurs, on se reportera au tableau 4). Pourtant, au vu des données précédentes, on peut conclure pour ces compétences visuo-spatiales que le groupe ayant le plus profité de l'entraînement est celui qui ne jouait pas à des jeux de plateaux.

En ce qui concerne les compétences numériques, les deux groupes ont progressé significativement pour le comptage libre, pour la lecture de chiffres à voix haute et pour le chiffre manquant. Ces compétences ont en commun une bonne connaissance de la comptine numérique. Cette amélioration pourrait donc être soit consécutive à l'entraînement proposé, soit à l'apprentissage scolaire.

Enfin, on constate que le groupe « joue à des jeux de plateaux » a significativement progressé, contrairement au groupe qui n'y jouait pas, sur les compétences suivantes : comptage arrière à partir de, précision en comparaison de chiffres, additions symboliques et mémoire de travail. Hormis cette dernière, ces résultats montrent des progrès sur des compétences en manipulation des nombres. Il semble donc qu'un lien entre jeux de plateaux et compétences numériques à plus long terme existe.

1.4. Mesure de l'effet de l'habitude de jeux : test statistique comparant l'écart pré et post-entraînement entre les deux groupes

Dans cette partie de notre étude, l'hypothèse est que les deux groupes se comportent significativement différemment selon qu'il y a ou non une habitude de jeux. Nous n'avons retrouvé une différence significative entre les deux groupes que pour deux types de mesures : la lecture de nombres à voix haute ($p = 0,03$) et le test de Galifret-Granjon (gnosies digitales)

pour la main droite ($p = 0,01$). La différence de comportement entre les deux groupes pour la lecture de nombres à voix haute pourrait peut-être s'expliquer par une habitude plus ancrée de lire la numérosité écrite sur un dé ou sur un plateau. En revanche, la différence pour les gnosies digitales, d'autant plus qu'elle ne concerne que la main droite est difficilement explicable par la seule habitude des jeux de plateaux. La littérature montre que les compétences arithmétiques seraient corrélées positivement avec les gnosies digitales, notamment parce qu'elles activeraient des régions cérébrales similaires (d'après l'étude de Soyly, Raymond, Gutierrez et Newman (2018), l'addition, la soustraction et les gnosies digitales activent les mêmes zones, à savoir le gyrus fusiforme gauche et les précunéi gauche et droit) et que ces gnosies digitales s'amélioreraient entre 5 et 7 ans (Reeve et Humberstone, 2011). L'écart dans les compétences numériques entre les deux groupes étant en faveur du groupe ayant une habitude de jeux aux temps pré et post-entraînement, il est possible que les gnosies digitales soient plus matures chez les enfants pratiquant les jeux de plateaux.

1.5. Effet combiné de deux facteurs (jeux de plateaux et type d'entraînement) sur les compétences mathématiques

Les résultats obtenus montrent que l'évolution de certaines compétences post-entraînement est d'autant plus marquée que l'habitude de jouer à des jeux de plateaux est pré-existante pour le groupe s'entraînant en « prérequis mathématiques » avec des tablettes. Les seules compétences pour lesquelles ce cumul des effets semble exister sont le comptage arrière « à partir de » ($p < 0.01$), les gnosies digitales de la main droite ($p = 0.04$) et la mémoire de travail ($p = 0.03$). On ne peut donc pas conclure à une amélioration globale des compétences en numératie qui serait liée aux deux effets combinés.

2. Comparaison des résultats avec les hypothèses de recherche et avec les données de la littérature

Conformément à ce qui est retrouvé dans une partie de la littérature (Elofsson et al, 2016 ; Siegler et Ramani, 2008), certaines compétences en mathématiques semblent être liées à la pratique des jeux de plateaux. En effet, dès la phase de pré-entraînement, il semble y avoir une différence dans les scores selon cette pratique. Notre échantillon est différent de celui des auteurs pré-cités en ceci que notre étude a pour échantillon une population a priori non défavorisée. De plus, seules quelques compétences semblent concernées par cet écart pour notre échantillon : il s'agit des compétences numériques les plus matures, nécessitant plus particulièrement d'avoir acquis le sens du nombre, comme le comptage arrière, la comparaison de chiffres et les additions symboliques.

Par ailleurs, nous avons pu constater également que l'écart dans les compétences spécifiquement numériques semble se creuser, pendant la période d'entraînement, en défaveur du groupe qui ne joue pas à ce type de jeux.

Cela étant, si on analyse statistiquement parlant la différence entre les scores pré et post-entraînement des deux groupes, nous ne constatons une différence significative que pour les compétences en lecture de nombres à voix haute et pour les gnosies digitales de la main

droite. S'il y a bien une influence des jeux de plateaux sur les compétences en numératie, celle-ci semble assez limitée en ce qui concerne notre étude.

Enfin, par rapport à l'hypothèse spécifique de ce mémoire, qui était de savoir si le fait de jouer à des jeux de société, combiné à un entraînement visuo-spatial, pourrait démultiplier les effets de ce dernier, nos résultats ne sont pas significatifs. Cependant, nous obtenons un résultat non attendu dans nos hypothèses, à savoir que l'entraînement « prérequis mathématiques » sur tablette produirait de meilleurs résultats lorsqu'il y a une habitude de jeux antérieure.

3. Intérêt pour l'orthophonie

Comme nous l'avons évoqué plus haut, l'enjeu de la rééducation des compétences en mathématiques est d'autant plus important qu'elles ont une influence non négligeable dans la vie quotidienne. Notre étude tend à démontrer que l'utilisation précoce du jeu de plateau pourrait avoir un impact sur les compétences spécifiquement numériques. La pratique du jeu implique sans aucun doute d'autres interactions parents-enfants qui pourraient expliquer pourquoi les enfants qui jouent à des jeux de plateaux ont de meilleurs scores en mathématiques. Cela pourrait aussi permettre de comprendre pourquoi les études citées plus haut retrouvent une amélioration significative des compétences dans les milieux défavorisés, si on tient pour vrai le postulat que les parents des milieux défavorisés pourraient avoir moins d'interactions avec leur enfant. Sans généraliser le cas de la défaillance aux milieux défavorisés, Castellani, C., Ninoreille, K., Berger, M. & Perrin, A. (2011) affirment en effet que dans les milieux où il y a une défaillance, les parents n'auraient pas l'habitude de jouer avec leur enfant, et pourraient considérer cette activité comme une perte de temps. Cette capacité à jouer serait pour ces auteurs l'une des conditions définissant la qualité de la parentalité. Or, l'orthophoniste qui utilise assez fréquemment le jeu avec l'enfant, notamment pour des questions de motivation, pourrait jouer un rôle indirect ou direct, préventif ou curatif dans l'amélioration des compétences mathématiques via le jeu. En premier lieu, dans une action préventive, des patients adressés pour d'autres troubles, par exemple langagiers, pourraient potentiellement bénéficier du moment de jeu qui se déroule parfois dans le cabinet d'orthophonie : les jeux de plateaux utilisés par certains orthophonistes pour faire produire des cibles langagières incitent à utiliser des dés et à déplacer un pion sur un plateau. L'orthophoniste a également dans son champ de compétences, la participation à des actions de prévention : une action spécifique envers les parents et/ou les professionnels de la petite enfance, peut donc être menée pour sensibiliser à l'importance de ces moments de jeux. Bien entendu, l'orthophoniste peut aussi agir de façon curative, en intégrant dans ses rééducations une pratique de jeux de plateaux.

Cependant, notre étude tend à montrer que la pratique seule des jeux de plateaux semble avoir une influence précoce et que l'écart existant, en fonction de cette pratique, chez des enfants de maternelle pourrait avoir tendance à perdurer malgré un entraînement renforcé en mathématiques. Si cette hypothèse est corroborée par d'autres études, il serait donc indispensable de mener des actions de prévention.

Enfin, notre étude semble montrer que les entraînements proposés permettent d'améliorer certaines compétences en mathématiques, avec de nombreuses réserves toutefois, car notre étude connaît des limites.

4. Limites de cette étude

La première limite de cette étude est liée à l'échantillon. En effet, la population étudiée pourrait ne pas présenter de caractéristiques socio-culturelles similaires à la population générale, d'une part parce qu'elle provient de la même zone géographique, d'autre part parce que les milieux socio-économiques ne sont peut-être pas très diversifiés : il s'agit plutôt de classes moyennes ou favorisées. Par ailleurs, la nature même de ce type d'études engendre des pertes de population d'études au fil du temps : ainsi, la cohorte de départ ne peut pas être comparée dans sa totalité à la cohorte de fin d'études, en raison de déménagements ou d'absences d'enfants lors des tests post-entraînement. Enfin, certaines passations d'épreuves n'ont pas pu être intégralement renseignées, en raison de refus peu fréquents de certains enfants de réaliser une épreuve. Nous avons noté également pour certains enfants une fatigabilité en fin d'épreuves, ce qui pourrait modifier les résultats des épreuves réalisées en fin de passation.

Nous devons également souligner un biais méthodologique. La rédaction du questionnaire parental étant antérieure à la détermination de notre sujet de mémoire, les items de celui-ci ne sont pas toujours optimaux pour répondre à notre problématique. Pour exemple, les propositions de classes de réponses apportent parfois assez peu d'éléments informatifs, comme pour la question : « A quelle fréquence votre enfant joue-t-il à des jeux de société ». A cette question, il est d'ailleurs impossible pour notre questionnaire de répondre « jamais », ce qui induit un biais de mesure. La méthode des questionnaires sur les habitudes de jeux avant une étude a aussi ses propres limites quant à la fiabilité des réponses : celles-ci sont influencées par la désirabilité sociale, c'est-à-dire que l'échantillon répond en fonction de ce qu'il pense être valorisé par la société. Dans notre étude, il est probable que les parents estiment que les réponses reflétant l'idée : « je joue aux jeux de société avec lui » sont plus valorisées socialement qu'une réponse du type « je ne joue jamais aux jeux de société avec mon enfant ». De plus, le fait d'avoir dans ces questionnaires des items sur les jeux, les tablettes, la télévision peut influencer, consciemment ou non, le comportement des parents pendant la période d'entraînement, ces derniers pouvant pressentir un lien entre le développement des habiletés mathématiques et le type d'occupations de leur enfant.

Par ailleurs, le questionnaire dans sa forme proposée pour l'étude Kids e-Stim pourrait générer un biais de mesure. En effet, la terminologie utilisée pourrait être source de confusion pour les parents. Dans notre questionnaire est proposée la rubrique « jeux de plateaux » avec deux exemples : les petits chevaux et le jeu de l'oie. Nous ne pouvons ni être sûre que les parents ont généralisé le concept de jeux de plateaux à d'autres jeux qui répondent à la définition communément admise (*cf. supra*) excluant ainsi de cette catégorie des jeux y appartenant. De même, il est possible que des jeux n'appartenant pas à cette catégorie y aient été inclus par généralisation excessive.

Un autre biais de mesure est possible : seule la pratique connue des parents est recensée. Or, on peut imaginer que l'enfant joue dans d'autres contextes à des jeux de plateaux : chez une assistante maternelle ou à l'école par exemple.

Enfin, les résultats de notre étude peuvent être faussés par le biais de confusion. Nous ne pouvons pas avoir la certitude que l'entraînement et/ou l'habitude familiale de jeux de société expliquent la progression des enfants d'une phase à l'autre. Nombre de stimulations ont sans doute été proposées aux enfants, tant à l'école que dans le cadre familial, tant via des jeux éducatifs (sur tablette ou via d'autres supports), que via d'autres types de jeux (jeux de construction avec notice, jeux de cartes impliquant la magnitude). Nous supposons également qu'il est possible qu'il existe une corrélation entre habitude familiale de jeux d'une part et qualité et quantité d'apports parentaux en termes de connaissances et de compétences mathématiques d'autre part. Il est probable que d'autres facteurs influençant le développement de la cognition mathématique entrent en jeu. Ce sont peut-être ces différents facteurs, cumulés à une possible différence de motivation, qui expliqueraient pourquoi les résultats du groupe ayant bénéficié d'un entraînement sur tablette sont meilleurs lorsqu'il y a une habitude de jeux de plateaux.

Bien que notre échantillon ait une taille assez conséquente, permettant une certaine puissance statistique, celle-ci a tendance à s'amoinrir avec la répartition en sous-groupes réalisée pour les analyses. Cela est d'autant plus vrai que pour que l'analyse soit pleinement satisfaisante en termes de statistiques, il aurait fallu que les sous-groupes soient définis avant la première phase de l'étude. Au-delà de ces écueils, nous aurions gagné à avoir le regard d'un statisticien sur nos données. Il aurait effectivement été enrichissant de savoir, si parmi les caractéristiques connues de notre échantillon ((âge, sexe, score à la WNV, type et fréquence de jeux à la maison, temps passé sur la tablette, nombre de séances d'entraînement, enseignant), l'une d'entre elles expliquait mieux la différence statistique entre les groupes.

5. Pistes de futures recherches

L'étude menée ici constitue une première partie de l'étude Kids e-Stim qui devrait se poursuivre par une expérience similaire auprès d'un échantillon d'enfants issus d'un environnement moins favorisé, c'est-à-dire en réseau d'éducation prioritaire (REP). Des démarches sont prévues par l'équipe de Kids e-Stim pour tester des enfants issus de ces milieux. Par rapport à notre mémoire, cette étude pourrait permettre de mettre à jour une éventuelle différence concernant les habitudes familiales de jeux de plateaux. Si cette différence était avérée, elle pourrait être un facteur explicatif d'une moins bonne réussite en mathématiques dans des milieux défavorisés, sans toutefois négliger tous les autres facteurs, tels que la qualité et la quantité des interactions parents-enfants et en excluant les dyscalculies, dont une partie pourrait être d'origine génétique.

Compte-tenu des limites évoquées plus haut, d'autres types d'études sont possibles pour limiter les biais:

- une étude de cohorte. Deux cas de figure sont alors possibles : soit les familles ont connaissance du sujet de l'étude et cela peut avoir pour conséquence de modifier leur comportement, soit elles n'ont pas connaissance du sujet de l'étude et dans ce cas, il est

difficile de collecter les données en étant certains de ne pas modifier les comportements, puisque les questionnaires parentaux doivent inclure la question du jeu de plateaux.

- une étude rétrospective. Dans ce cas, un problème de taille se pose, comme dans toute étude rétrospective : la mémoire humaine étant ce qu'elle est, il est fort à parier que certains paramètres seront oubliés. De plus, il peut être difficile de mesurer tous les paramètres potentiellement significatifs.

Les études réalisables ont donc en commun des limites liées à la multiplicité des paramètres d'une part, mais aussi à l'impact des questionnaires sur la désirabilité sociale et les comportements induits par celle-ci.

Enfin, à plusieurs reprises dans notre mémoire, nos résultats semblent indiquer une différence entre les groupes NJ et J sur la compétence gnose digitale de la main droite. Cela pourrait suggérer un lien entre la pratique des jeux de plateaux, les gnosies digitales de la main droite et les compétences numériques. Par quels postulats ce lien pourrait-il s'expliquer ? Retrouve-t-on le même type d'association que dans le syndrome de Gerstmann c'est-à-dire à la fois une dimension spatiale (via des jeux de plateaux, si on ne retient que l'aspect déplacement spatial du jeu), la performance dans la reconnaissance des doigts et les capacités numériques ? Il pourrait être intéressant de mener une étude distinguant précisément les jeux où un déplacement sur un plateau orienté dans le même sens que la ligne numérique mentale est nécessaire et ceux où il n'y a pas de déplacement, puis de proposer le même type d'entraînement que dans notre étude, afin de confirmer ou d'infirmer ce type de lien.

Conclusion

Nous avons tenté de démontrer, sur une population de 136 enfants de moyenne et grande section de maternelle issus de l'étude franco-luxembourgeoise Kids e-Stim, que conformément aux données relevées dans la littérature scientifique, la pratique familiale de jeux de plateaux a une influence sur les compétences en mathématiques. Par ailleurs, nous avons essayé de mener une recherche inédite en proposant de croiser cette variable avec l'effet de trois types d'entraînement différents : un entraînement de type « prérequis mathématiques » classique, un entraînement de type « prérequis mathématiques » sur tablette et un entraînement visuo-spatial. Ce dernier type d'entraînement est en effet parfois identifié dans la littérature scientifique comme ayant un lien avec les compétences mathématiques.

Pour mener cette étude, nous avons effectué la phase post-entraînement et la phase tests de maintien de l'étude Kids e-Stim, puis nous avons étudié les données ainsi récoltées. Ainsi nous avons analysé si un effet de l'entraînement était perceptible indifféremment de l'habitude de jeux, puis si le gain de l'entraînement était plus marqué dans le groupe qui jouait à des jeux de plateaux et enfin si l'écart entre les deux groupes tendait à se réduire ou à augmenter. Nous avons ensuite analysé si la différence entre le comportement des deux groupes était significative. Enfin, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle les jeux de plateaux combinés à un type d'entraînement maximiser l'effet de l'entraînement.

Nos résultats montrent qu'il pourrait y avoir une différence pré et post-entraînement en faveur du groupe qui joue à des jeux de plateaux et que cette différence tendrait à augmenter pour les compétences numériques. Nous ne pouvons en revanche pas conclure à une

significativité plus importante pour le groupe qui joue à des jeux de plateaux versus celui qui n'y joue pas. Enfin, nous ne pouvons pas non plus conclure que le type d'entraînement combiné à une habitude de jouer à des jeux de plateaux augmente les effets de l'entraînement.

Ces résultats ont un intérêt en orthophonie dans le sens où ils pourraient signifier que les habitudes précoces de jeux de plateaux ont un impact persistant sur les compétences numériques. L'orthophoniste, ou d'autres professionnels de la petite enfance, ont donc un rôle à jouer en prévention afin de limiter l'installation des difficultés mathématiques.

Toutefois, les résultats obtenus ne tiennent pas compte d'autres facteurs pouvant influencer lesdites compétences : il serait donc utile de réaliser d'autres études qui mesureraient l'effet de ces facteurs, notamment la qualité et la quantité des interactions parents-enfants, tant dans les temps de jeux qu'en dehors de ceux-ci.

Bibliographie

- Anders, Y., Rossbach, H.-G., Weinert, S., Ebert, S., Kuger, S., Lehl, S., & von Maurice, J. (2012). Home and preschool learning environments and their relations to the development of early numeracy skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(2), 231-244. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2011.08.003>
- Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2009). Mathematics Anxiety and the Affective Drop in Performance. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27(3), 197. <https://doi.org/10.1177%2F0734282908330580>.
- Benavides-Varela, S., Butterworth, B., Burgio, F., Arcara, G., Lucangeli, D., & Semenza, C. (2016). Numerical Activities and Information Learned at Home Link to the Exact Numeracy Skills in 5–6 Years-Old Children. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00094>
- Castellani, C., Ninoreille, K., Berger, M., & Perrin, A. (2011). Visites à domicile et mesure du quotient de développement dans des situations de défaillances parentales précoces. *Devenir*, 23(3), 205. <https://doi.org/10.3917/dev.113.0205>
- Chen, Z., Xu, M., Shang, D., Peng, G., & Luo, B. (2014). Distinct representations of symbolic ordinality and quantity: Evidence from neuropsychological investigations in a Chinese patient with Gerstmann's syndrome. *Brain and Cognition*, 88, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.04.007>
- Cheng, Y.-L., & Mix, K. S. (2014). Spatial Training Improves Children's Mathematics Ability. *Journal of Cognition and Development*, 15(1), 2-11. <https://doi.org/10.1080/15248372.2012.725186>
- Cornu, V., Schiltz, C., Martin, R., & Hornung, C. (2018). Visuo-spatial abilities are key for young children's verbal number skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 604-620. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.09.006>
- Cornu, V., Schiltz, C., Pazouki, T., & Martin, R. (2017). Training early visuo-spatial abilities: A controlled classroom-based intervention study. *Applied Developmental Science*, 23(1), 1-21. <https://doi.org/10.1080/10888691.2016.1276835>
- Dehaene, S., & Brannon, E. (2012). Space, Time and Number in the Brain: Searching for the Foundations of Mathematical Thought. *Philosophia Mathematica*, 20(2), 273-274. <https://doi.org/10.1093/philmat/nkr042>
- Elofsson, J., Gustafson, S., Samuelsson, J., & Träff, U. (2016). Playing number board games supports 5-year-old children's early mathematical development. *The Journal of Mathematical Behavior*, 43, 134-147. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2016.07.003>
- Fayol, M. (2012). *L'acquisition du nombre*. Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.
- Fortin, L., Royer, É., Potvin, P., Marcotte, D., & Yergeau, É. (2004). La prediction du risque de décrochage scolaire au secondaire : facteurs personnels, familiaux et scolaires. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement*, 36(3), 219-231. <https://doi.org/10.1037/h0087232>

- Houdé, O., Pineau, A., Leroux, G., Poirel, N., Perchey, G., Lanoë, C., ... Mazoyer, B. (2011). Functional magnetic resonance imaging study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-age children: A neo-Piagetian approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, *110*(3), 332-346. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.04.008>
- Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P., & Dehaene, S. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, *6*(6), 435-448. <https://doi.org/10.1038/nrn1684>
- Kleemans, T., Peeters, M., Segers, E., & Verhoeven, L. (2012). Child and home predictors of early numeracy skills in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, *27*(3), 471-477. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2011.12.004>
- LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to Mathematics: Longitudinal Predictors of Performance: Pathways to Mathematics. *Child Development*, *81*(6), 1753-1767. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x>
- Reeve, R., & Humberstone, J. (2011). Five- to 7-Year-Olds? Finger Gnosia and Calculation Abilities. *Frontiers in Psychology*, *2*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00359>
- Rivera-Batiz, F. L. (1992). Quantitative Literacy and the Likelihood of Employment among Young Adults in the United States. *The Journal of Human Resources*, *27*(2), 313. <https://doi.org/10.2307/145737>
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2008). Playing linear numerical board games promotes low-income children's numerical development. *Developmental Science*, *11*(5), 655-661. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00714.x>
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2009). Playing linear number board games—but not circular ones—improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology*, *101*(3), 545-560. <https://doi.org/10.1037/a0014239>
- Soylu, F., Raymond, D., Gutierrez, A., & Newman, S. D. (2018). The differential relationship between finger gnosis, and addition and subtraction: An fMRI study. *Journal of Numerical Cognition*, *3*(3), 694-715. <https://doi.org/10.5964/jnc.v3i3.102>

Liste des annexes

Annexe n°1 : Détails statistiques des deltas par groupe (0 = Ne joue pas, 1 = joue) et par compétences.

Annexe n°2 : Détails statistiques des ANOVAS réalisées selon le critère combiné jeux de plateaux et entraînement visuo-spatial.

Impact des habitudes familiales de jeux sur le développement de la cognition mathématique

Discipline : Orthophonie

Aurélia Robert

Résumé :

Nous tentons de démontrer, par notre étude portant sur 136 enfants de maternelle issus de l'étude Kids e-Stim, que la pratique des jeux de plateaux influence les compétences mathématiques et que cet effet serait différent selon trois types d'entraînement : deux entraînements appariés au niveau des compétences numériques, l'un classique, l'autre sur tablette, et un entraînement visuo-spatial, qui serait corrélé, dans la littérature, avec les compétences mathématiques.

Nous comparons le groupe qui jouait à des jeux de plateaux à la maison et celui qui n'y jouait pas. Nous calculons si le gain lié à l'entraînement était plus marqué dans le groupe qui pratiquait ces jeux et si l'écart entre les deux groupes se réduisait. Nous cherchons à savoir si un groupe bénéficie plus de l'effet de l'entraînement. Enfin, nous testons l'hypothèse selon laquelle les jeux de plateaux combinés à un entraînement visuo-spatial maximise l'effet de celui-ci.

Nos résultats montrent qu'il y aurait une différence pré et post-entraînement en faveur du groupe ayant cette pratique de jeux et que cet écart tendrait à augmenter pour les compétences numériques. Toutefois, cette différence serait minime. Enfin, nous ne pouvons pas non plus conclure que le type d'entraînement combiné auxdits jeux augmente les effets de l'entraînement.

Ces résultats sont cohérents avec ceux que l'on peut trouver dans la littérature, à savoir que les habitudes précoces de jeux de plateaux auraient un impact persistant sur les compétences numériques. L'orthophoniste a donc un rôle à jouer en prévention afin de limiter l'installation des difficultés mathématiques.

Mots-clés : Cognition mathématique, jeux de plateaux, entraînement visuo-spatial

Abstract :

We are trying to demonstrate, out of 136 kindergarten children from the Kids e-Stim study, that the practice of board games influences mathematical skills and that this effect would be different according to three types of training : two training sessions matched in terms of digital skills, one classic, the other one on a tablet, and a visual-spatial training, which would be correlated, in the literature, with mathematical skills.

We are comparing the group that used to play board games at home with the group that did not. We are calculating whether training influence was greater in the group that played these games and whether the gap between the two groups tended to diminish. We are trying to find out if a group benefits more from the effect of training. Finally, we are testing the hypothesis that board games combined with visual-spatial training maximize the effect of the training.

Our results show that there would be a pre- and post-training difference in favour of the group with board games practice habits and that this gap would tend to increase for digital skills. However, this difference would be minimal. Finally, we cannot conclude that the type of training combined with those games increases the effects of training.

These results are consistent with those found in the literature, namely that early board game habits would have a persistent impact on digital skills. The speech-language pathologist therefore has a preventive role to play in order to curb the onset of mathematical difficulties.

Keywords : Mathematical skills, board games, visual-spatial training

Mémoire encadré par Madame Sandrine Mejias



Université
de Lille



FACULTÉ
DE MÉDECINE
Henri Warembourg