

MEMOIRE

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

Laure AMIEL

qui sera soutenu publiquement en juin 2021

**Action de repérage de la maternelle au CE2 :
Analyse du développement de la cognition
mathématique en lien avec le langage écrit au CE1
Étude selon l'influence des activités proposées au domicile**

MEMOIRE dirigé par :

Sandrine MEJIAS, maître de conférences, Département d'orthophonie, Université de Lille
Sophie RAVEZ, orthophoniste et enseignante, Département d'orthophonie, Université de Lille

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord mes directrices de mémoire, Madame Mejias et Madame Ravez, pour leurs précieux conseils et le temps qu'elles m'ont accordé pour m'aider à progresser. Merci à elles pour les relectures attentives de mon mémoire.

Merci aux directeurs et directrices des écoles, ainsi qu'aux enseignants des classes de CE1 pour leur accueil, leur bienveillance et les échanges enrichissants. Un grand merci également aux parents d'élèves qui ont donné leur autorisation et accepté de remplir un questionnaire. Enfin, merci aux enfants pour avoir accepté de passer les épreuves dans la bonne humeur et avec beaucoup de curiosité.

Merci aux deux étudiantes en quatrième année d'orthophonie qui ont recueilli des données d'enfants que j'ai pu inclure dans mon échantillon d'enfants final.

Merci à Isabelle, orthophoniste, grâce à qui j'ai pu entrer en contact avec certaines écoles. Et merci à elle pour tout ce qu'elle m'a apporté au cours des stages, autant sur le plan professionnel que personnel.

Merci à toutes les orthophonistes qui m'ont accueillie en stage et qui m'ont aidée à prendre confiance en moi et à acquérir des savoir-faire et savoir-être importants dans ma future pratique.

Merci à mes amies de promotion pour ces cinq belles années, à tous les bons moments que nous avons passés ensemble et qui ont égayé ma formation. Elles ont rendu mes études plus belles et plus enrichissantes.

Un grand merci à ma famille, sans qui je n'aurais pas pu réaliser ces études. Merci pour leur soutien, leurs encouragements, et pour avoir toujours cru en moi.

Résumé :

En s'intéressant à la littérature scientifique, deux constats ont mené à la réalisation de ce mémoire : d'une part, les difficultés en mathématiques sont rarement isolées et s'accompagnent souvent de difficultés en langage écrit ; d'autre part, il est nécessaire de prévenir et de repérer efficacement les enfants en difficulté pour éviter les répercussions durables sur la scolarité. Afin de permettre à chaque enfant un développement optimal de ses capacités, le milieu familial peut être exploité. Aussi, des études ont montré que l'utilisation des jeux de société contribue positivement aux performances mathématiques, à l'inverse des écrans. Mais la littérature reste peu développée au sujet des écrans interactifs sur ces dernières.

Dans le but d'étudier ces problématiques, nous avons mené une enquête auprès de 48 enfants scolarisés en CE1. En s'appuyant sur deux tests évaluant les performances en langage écrit et en mathématiques, nous avons observé des résultats évoquant une corrélation entre ces deux domaines d'apprentissage. Plus précisément, nous avons constaté un rapport entre les compétences en lecture et en résolution de soustractions mais aucun avec la résolution d'additions. D'un autre côté, via un questionnaire parental sur les habitudes de jeu des enfants, nous avons observé une tendance positive de l'utilisation des jeux de société sur les compétences mathématiques. La tendance était négative pour l'exposition aux écrans interactifs. Par la suite, un plus grand effectif d'enfants permettrait de confirmer les résultats obtenus.

Mots-clés : Développement mathématique, langage écrit, repérage, jeux de société, tablette numérique

Abstract :

By looking at the scientific literature, two observations led to the realization of this thesis : on the one hand, difficulties in mathematics are rarely isolated and are often accompanied by difficulties in written language ; on the other hand, it is necessary to prevent and effectively identify children with difficulties in order to avoid lasting repercussions on schooling. In order to allow each child to develop abilities to the fullest, the family environment can be exploited. Also, studies have shown that the use of board games contributes positively to mathematical performance, unlike screens. However, the literature on interactive screens is still underdeveloped.

In order to study these issues, we conducted a survey of 48 children enrolled in second grade. Based on two tests assessing performance in written language and mathematics, we observed results suggesting a correlation between these two learning domains. Specifically, we found a relationship between reading and subtraction skills but none with addition skills. Secondly, through a parental questionnaire on children's play habits, we found a positive trend for board games use on math skills. The trend was negative for exposure to interactive screens. In the future, a larger group of children would be able to confirm the results obtained.

Keywords : Mathematical development, written language, screening, board games, numerical tablet

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	2
.1. Cognition mathématique et langage écrit	2
.1.1. Développement des compétences mathématiques	2
.1.1.1. Un modèle de référence de Von Aster et Shalev	2
.1.1.2. Un réseau neuronal spécifique au développement des mathématiques	3
.1.1.3. Troubles de la cognition mathématique	3
.1.2. Corrélats entre langage écrit et cognition mathématique	4
.1.2.1. Déficits pouvant être liés à un trouble de la cognition mathématique	4
.1.2.2. Liens neuro-anatomiques entre cognition mathématique et langage écrit	5
.1.2.3. Influence du langage écrit sur la cognition mathématique	5
.2. Repérer pour mieux intervenir	6
.2.1. Développement atypique du langage écrit et de la cognition mathématique	6
.2.1.1. Quand faut-il s'alerter ?	6
.2.1.2. Répercussions sur la scolarité de l'enfant et sur sa vie quotidienne	7
.2.2. Le repérage précoce à visée de prévention	7
.2.2.1. Définition des termes « repérage » et « prévention »	7
.2.2.2. Rôle des partenaires dans la prévention et le repérage : agir ensemble	8
.3. Deux activités fréquentes au sein des foyers	8
.3.1. Les jeux de société	8
.3.1.1. Place et rôle du jeu	8
.3.1.2. Apport du jeu de société dans le développement des mathématiques	9
.3.1.3. Un exemple de programme incluant des jeux mathématiques	10
.3.2. Les écrans	10
.3.2.1. Les écrans et leur utilisation	10
.3.2.2. Les effets sur le développement de l'enfant et sur les compétences mathématiques	11
.3.2.3. Un exemple d'application sur écrans interactifs : « La course aux nombres »	12
.4. Buts et hypothèses	12
Méthodologie	13
.1. Sujets de l'étude	13
.1.1. Présentation et recrutement de l'échantillon	13
.2. Présentation du protocole : Matériel	14
.2.1. Questionnaire	14
.2.2. Tempo Test Rekenen (TTR)	14
.2.3. Professeurs des Écoles Repérage langage écrit (PE Rle)	14
.3. Procédure	15
.3.1. Recueil du consentement des écoles, des autorisations parentales et prise de contact	15

.3.2. Passations.....	15
.3.3. Cotation et traitement des données	16
Résultats.....	16
.1. Lien entre les épreuves du PE Rle et du TTR.....	16
.1.1. Corrélation des scores totaux.....	16
.1.2. Corrélation des scores aux sous-épreuves	17
.2. Analyse des habitudes de jeu et développement des compétences mathématiques	18
.2.1. Écrans et compétences mathématiques.....	18
.2.1.1. Impact du type d'écran (interactif versus non interactif) sur les performances en mathématiques	18
.2.1.2. Impact de la fréquence et du temps d'utilisation des écrans interactifs sur les performances en mathématiques.....	18
.2.2. Jeux de société et compétences mathématiques	20
.2.2.1. Impact de la fréquence et du temps d'utilisation des jeux de société sur les performances en mathématiques.....	20
.2.3. Comparaison entre écrans interactifs et jeux de société, et compétences mathématiques	22
Discussion.....	22
.1. Rappel des objectifs du mémoire.....	22
.2. Discussion des résultats	22
.2.1. Rappel des résultats obtenus et validation de la première hypothèse	22
.2.2. Rappel des résultats obtenus et validation de la deuxième hypothèse.....	23
.2.2.1. Les écrans	23
.2.2.2. Les jeux de société.....	24
.3. Critique méthodologique et difficultés rencontrées.....	24
.4. Retour sur les échanges avec les enseignants et intérêt de ce mémoire	25
.5. Suite du projet.....	26
Conclusion.....	27
Bibliographie	28
Liste des annexes	39
Annexe n°1 : Modèle développemental de la cognition numérique en quatre étapes (d'après Von Aster et Shalev, 2007).....	39

Introduction

Les mathématiques sont inévitablement liées à nos activités quotidiennes : lire l'heure, réaliser une recette de cuisine, rendre la monnaie lors d'un achat ou encore calculer le temps de trajet pour aller à un rendez-vous. Nous devons être capables de nous représenter et de manipuler ces données quantitatives. Ces compétences apparaissent très tôt dans le développement cognitif de l'enfant. La connaissance d'un système numérique abstrait et approximatif va alors nous permettre de guider et de mettre en place plus ou moins facilement et rapidement les apprentissages mathématiques. Par ailleurs, de bonnes compétences en langage écrit sont également nécessaires au développement scolaire. De fait, de faibles compétences en lecture et en orthographe notamment, pourront affecter négativement notre quotidien. Il est aujourd'hui clairement démontré que des difficultés en mathématiques sont très souvent associées à d'autres déficits cognitifs. C'est alors que depuis plusieurs années, des recherches scientifiques tentent de mettre en relation le langage écrit avec les mathématiques, à la fois sur le plan neuro-anatomique mais aussi sur l'influence que peuvent avoir ces aptitudes, d'un domaine sur l'autre.

Par conséquent, dès lors qu'un enfant présente des difficultés dans le développement des compétences mathématiques ou en langage écrit, il sera déstabilisé dans sa vie scolaire mais aussi quotidienne. Il est donc important de pouvoir repérer les difficultés naissantes afin de l'orienter vers des professionnels de santé. Les enseignants font alors partie des acteurs ayant un rôle primordial dans le repérage des difficultés car ils sont en contact quotidien avec les enfants, tout comme la famille qui participe grandement à l'évolution des enfants, et notamment au domicile familial.

Les mathématiques sont explicitement enseignées à l'école mais elles sont aussi implicitement développées grâce à l'éducation dans le milieu familial. C'est ainsi que la maison représente un lieu riche en expérience avec le monde pour l'enfant, et notamment le monde des nombres. Pour les jeunes enfants, les activités informelles, comme les jeux de société ou les applications sur écran, semblent offrir une aide dans la construction des notions mathématiques. L'environnement familial apporte donc une contribution importante pour les compétences en mathématiques. En effet, les expériences et stimulations précoces en milieu scolaire mais aussi familial, que ce soit des activités directes (ex. comptage, identification de nombres, etc.) ou indirectes (ex. jeux de société, recettes, etc.), constituent les fondements des apprentissages en mathématiques.

Ce mémoire a donc pour but d'essayer de mettre en évidence un lien entre cognition mathématique et langage écrit, tout en soulignant l'importance des activités familiales dans le développement des compétences mathématiques. C'est un travail qui entre dans le cadre d'un projet sur le repérage précoce des difficultés d'enfants de la petite section de maternelle au CE2, dans les domaines du langage oral, du langage écrit et de la cognition mathématique.

Dans le cadre de ce mémoire, nous exposerons tout d'abord le contexte théorique dans lequel s'inscrit notre étude. La première partie sera donc destinée à l'exploration de la littérature existante concernant le développement de la cognition mathématique, ainsi que le lien qui existe avec le langage écrit. Ensuite, nous présenterons les données sur la notion de repérage et de prévention, avant de nous attarder sur l'influence des écrans et des jeux de société au domicile familial sur le domaine des mathématiques. Par la suite, nous présenterons la méthodologie qui nous permettra de réaliser l'étude, en exposant les objectifs et les outils utilisés ainsi qu'en décrivant la population de l'étude. Pour finir, nous détaillerons l'analyse statistique des résultats obtenus. Nous apporterons, dans la partie discussion, une critique constructive de notre travail.

Contexte théorique, buts et hypothèses

Avant de s'intéresser aux activités pratiquées au sein du foyer, nous aborderons le développement de la cognition mathématique, et le lien entre celle-ci et le langage écrit. Ensuite nous évoquerons les répercussions engendrées par un développement atypique des compétences et l'importance du repérage précoce.

.1. Cognition mathématique et langage écrit

Cette partie va permettre d'exposer les notions liées au développement des mathématiques, ainsi que le lien de ce domaine avec le langage écrit.

.1.1. Développement des compétences mathématiques

Les mathématiques se développent de façon linéaire et témoignent d'un système neuronal bien précis. Mais des difficultés peuvent apparaître aux différentes étapes de développement.

.1.1.1. Un modèle de référence de Von Aster et Shalev

Von Aster et Shalev (2007) établissent un ordre des compétences concernant le traitement du nombre, à travers leur modèle développemental de la cognition numérique en quatre étapes (cf. Annexe 1).

Ainsi, la première étape est déjà présente à la naissance (Izard & al., 2009). Le bébé est en capacité d'appréhender de façon approximative le nombre d'éléments concrets dans une grande collection, et de comparer deux collections. Ces compétences sont également présentes chez les animaux (Church & Meck, 1984) et dans les cultures primitives (Gordon, 2004). Ce système numérique de base, dit approximatif, est indépendant du langage et des apprentissages, et constituerait un fondement pour l'acquisition des compétences mathématiques (Chu & al., 2015 ; Toll & al., 2015). Par ailleurs, le bébé est également capable d'appréhender rapidement une petite quantité d'éléments concrets, au maximum trois ou quatre : c'est un système numérique précis appelé « subitizing ». Il est retrouvé encore une fois chez les animaux (Hauser & al., 1996) et dans les cultures primitives (Gordon, 2004). Ensuite, c'est à la deuxième étape qu'apparaissent les mots-nombres (code symbolique verbal) chez l'enfant d'âge préscolaire. Il commence à acquérir le système numérique verbal par l'apprentissage de la comptine numérique, puis du dénombrement (Geary, 2000). Ce code se base sur un lexique restreint en base dix et une combinaison syntaxique qui permet de produire une multitude de quantités (Fayol, 2012). Progressivement, le jeune enfant sera capable de stocker en mémoire des faits arithmétiques, en d'autres termes de retenir en mémoire le résultat d'opérations simples. À la troisième étape, lors de l'entrée en maternelle, un apprentissage du système numérique arabe (code symbolique arabe) se fait à partir du code verbal et du transcodage (Dehaene, 1992). Enfin, à la dernière étape, aux alentours de huit ans, la ligne numérique mentale avec une orientation spatiale de gauche à droite se précise (Berch & al., 1999) par une métacognition mathématique. L'effet SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code) vise à soutenir l'existence de cette ligne pour les nombres arabes puisque, lors de tâches de jugement de parité, nous arrivons plus rapidement à utiliser la main gauche si le nombre présenté est petit, et la main droite si le nombre est grand (Dehaene & al., 1993). La ligne numérique mentale permet de situer un nombre par rapport à un autre. C'est ce que l'on appelle le « sens du nombre » (Dehaene, 1992 ; Dehaene & Cohen, 1995). Ce terme correspond à la « capacité de se représenter et manipuler des grandeurs numériques de manière non verbale sur une ligne mentale de nombres orientée dans l'espace » (Dehaene, 1997). Ainsi, les petits

nombres sont vers la gauche et les grands vers la droite.

En parallèle à ces étapes, les expériences vécues au quotidien vont jouer un rôle sur la plasticité cérébrale (Siegler & Booth, 2004 ; Siegler & Opfer, 2003). Le langage, les représentations spatiales ainsi que la mémoire de travail s'améliorent, permettant une croissance et une meilleure précision de la ligne numérique (Gelman & Gallistel, 2004), et d'appréhender les notions liées aux opérations.

.1.1.2. Un réseau neuronal spécifique au développement des mathématiques

À partir d'études menées grâce à l'imagerie cérébrale, des auteurs ont renforcé l'idée que le cerveau des enfants tout-venants subit des transformations qui sont dépendantes des expériences (Dehaene & al., 2003). L'imagerie cérébrale a alors permis d'identifier un réseau neuronal qui s'active systématiquement dans le sillon intrapariétal au cours de toute tâche liée à la manipulation des quantités (ex. comparaison, addition, soustraction, etc.) (Dehaene & al., 1999). Au cours de l'étude de Cantlon et al. (2006), une activation neuronale au niveau du sillon intrapariétal était observée chez les adultes mais aussi chez les enfants de quatre ans lorsque, sur un écran, un changement de numérosité se produisait mais pas lors d'un changement de forme. Cela montre que ce sillon constitue le siège du traitement des nombres.

Par ailleurs, en comparant l'importance de l'activité neuronale dans le cortex pariétal et préfrontal des adultes et des enfants lors de tâches arithmétiques, il a été constaté que les adultes avaient une activation neuronale préférentielle dans le sillon intrapariétal. A contrario, les enfants, avaient une faible activité dans ce sillon mais une activation plus importante dans le cortex frontal. Ce dernier soutient l'attention, la mémoire de travail et les fonctions exécutives. Le jeune enfant est dans une phase d'apprentissage des nombres arabes, il a donc besoin de l'activation du cortex préfrontal qui joue un rôle dans l'apprentissage du lien entre un nombre arabe et une quantité : c'est le « mapping sémantique » (Nieder & Merten, 2007). Progressivement avec l'âge, la spécialisation neuronale du cortex pariétal va se conjuguer avec une réduction de l'activité neuronale dans les régions préfrontales (Ansari & al., 2005 ; Peters & De Smedt, 2018 ; Rivera & al., 2005). Plus l'enfant grandit, moins il a besoin de recruter les neurones en préfrontal, en faveur du cortex pariétal. Il est à noter que plus le nombre sera grand, plus il subsistera une activation préfrontale. Il en est de même pour des études sur les animaux dont les résultats ont témoigné de l'activation d'un réseau fronto-pariétal (Nieder & Merten, 2007). Le singe a appris à faire le « mapping sémantique », et durant ce processus, les neurones d'association au niveau préfrontal s'activaient. En conclusion, les cortex préfrontal et pariétal sont très importants pour le développement des mathématiques.

.1.1.3. Troubles de la cognition mathématique

Comme vu précédemment, il est fondamental que chaque étape soit acquise et bien solide pour passer à la suivante. Si l'enfant se retrouve en difficulté au niveau d'une étape, cela peut influencer la suite des apprentissages et entraîner une mauvaise mise en place des compétences mathématiques. La dyscalculie développementale est caractérisée par des difficultés d'apprentissage spécifiques qui touchent l'acquisition des compétences numériques et du sens du nombre (Butterworth, 2005 ; Wilson & Dehaene, 2007). Des perturbations peuvent alors se manifester.

Von Aster et Shalev (2007) ont souligné que si le sens du nombre n'est pas acquis, alors la comptine numérique sera seulement apprise par cœur mais le lien significatif avec la quantité ne sera pas établi. Or, la capacité à comprendre et à comparer des quantités numériques, symboliques ou non, est une compétence fondamentale (Sella & al., 2016). En outre, la langue française rend complexe l'apprentissage du code symbolique verbal, à la différence d'autres langues, car elle contient des particuliers devant être appris par cœur (de « un » à « seize ») (Fayol, 2012 ; Miller & al., 1995).

Ensuite, si l'atteinte concerne le langage oral, l'association entre la représentation de la quantité et la forme linguistique du mot-nombre sera perturbée, se répercutant alors sur le comptage et les faits arithmétiques (Von Aster, 2000 ; Von Aster & Shalev, 2007). De plus, le système arabe peut être difficile à acquérir de par la complexité de notre système en base dix, et positionnel avec la notion d'unités, dizaines, centaines, ainsi que le passage d'un code à l'autre. Or, la connaissance du code symbolique verbal et arabe est liée aux compétences futures en mathématiques (Chu & al., 2015 ; Toll & al., 2015). Enfin, le développement de la ligne numérique mentale peut être perturbé chez les enfants avec une dyscalculie. Ils ont plus de difficultés à placer des nombres sur une ligne visuelle (Sella & al., 2016). Il semble en effet y avoir une absence de l'effet SNARC pour les enfants de sept à douze ans ayant un déficit visuo-spatial et une dyscalculie (Bachot & al., 2005). À noter que les représentations spatiales sont importantes pour l'apprentissage des mathématiques (Sella et al., 2016).

D'un point de vue neuro-anatomique, le développement du cerveau des enfants avec un trouble de la cognition mathématique est différent. S'il y a une perturbation neuronale au niveau des régions citées précédemment, il est ainsi possible que ces enfants se trouvent en difficulté dans l'acquisition des mathématiques. Effectivement, les régions pariétales et préfrontales sont moins activées chez les enfants dyscalculiques (Kucian & al., 2008). Ces enfants auraient donc, en plus d'un déficit au niveau du sens du nombre, des difficultés attentionnelles et de mémoire de travail. Dans le rapport de l'OCDE (2007), un enfant ayant une dyscalculie a également une diminution de la substance grise au niveau du sillon intrapariétal.

.1.2. Corrélats entre langage écrit et cognition mathématique

La présence de comorbidités et de déficits développementaux doit être prise en compte car ils vont jouer un rôle dans le développement cognitif général, et notamment en mathématiques.

.1.2.1. Déficits pouvant être liés à un trouble de la cognition mathématique

Selon Von Aster et Shalev (2007), environ deux tiers des enfants ayant une dyscalculie développementale présenteraient un ou plusieurs déficits cognitifs associés qui seraient liés à des dysfonctionnements cérébraux (Rubinsten & Henik, 2009). Seulement un tiers des enfants seraient atteints d'une dyscalculie « pure » (Von Aster & Shalev, 2007).

La mémoire de travail joue un rôle dans les compétences en mathématiques (Passolunghi & Siegel, 2001), et des études ont montré que les capacités en mémoire de travail sont moins efficaces chez les personnes ayant une dyscalculie développementale (Geary & al., 2004 ; Geary & al., 2007). Lefevre et al. (2005) ont alors souligné le fait que les tâches mathématiques peuvent être affectées lorsque la mémoire de travail est moins bonne. Ce déficit engendre par exemple un mauvais stockage des faits arithmétiques (Thévenot & al., 2001), des erreurs de comptage (Geary & al., 2004) et des difficultés dans la résolution de problèmes (Passolunghi & Siegel, 2001).

Un déficit des habiletés visuo-spatiales peut être associé à des difficultés en mathématiques, faisant obstacle à une bonne orientation de la ligne numérique mentale (Bachot & al., 2005 ; Wilson & Dehaene, 2007). Effectivement, les enfants ayant une faiblesse visuo-spatiale sont plus lents et commettent plus d'erreurs dans la comparaison de nombres (Bachot & al., 2005). Par ailleurs, les habiletés visuo-spatiales ont une influence sur les tâches d'estimation numérique (Sella & al., 2016 ; Simms & al., 2016). Des difficultés sont aussi notées sur le pointage lors du dénombrement, lors de la réalisation de la forme des chiffres, ainsi qu'au niveau du système positionnel des chiffres (Bertrand & Camos, 2011). À noter que le développement numérique (comptage, connaissance mot-nombre) des enfants d'âge préscolaire est en lien avec les habiletés visuo-spatiales (Cornu & al., 2018).

Un trouble déficitaire de l'attention avec/sans hyperactivité est fréquemment retrouvé lorsqu'un

enfant présente des difficultés en mathématiques (Shalev, 2004). Le pourcentage de comorbidités est de 25 % selon Gross-Tsur et ses collègues (1996). Les enfants sont de nature plus impulsive et manquent d'attention.

Des difficultés dans le domaine du langage oral seraient liées à des erreurs dans la comptine numérique (Gaillard, 2000), une moins bonne automatisation et utilisation de la chaîne numérique verbale (Nys & al., 2013), une imprécision dans les tâches de comparaison de nombres arabes, des erreurs dans le comptage et des stratégies opératoires immatures (Cross & al., 2019). Les faits arithmétiques sont également moins bien maintenus en mémoire (Von Aster, 2000 ; Von Aster & Shalev, 2007). Les performances verbales jouent donc un rôle dans l'apprentissage des mathématiques et les difficultés dans ce domaine peuvent être corrélées à de mauvaises compétences mathématiques (Purpura & al., 2011).

Enfin, une dyslexie associée à une dyscalculie semble fréquente. Selon VonAster et Shalev (2007), 4,2% d'enfants dyscalculiques présenteraient aussi une dyslexie. Selon Gross-Tsur et al. (1996), ce serait 17% de ces enfants qui auraient aussi une dyslexie. La comorbidité est donc bien présente entre les difficultés de lecture et d'arithmétique (Dircks & al., 2008 ; Mann Koepke & Miller, 2013).

.1.2.2. Liens neuro-anatomiques entre cognition mathématique et langage écrit

Lors de la lecture, ce sont les régions temporo-pariétale gauche et frontale inférieure qui sont activées, zones en corrélation avec le langage oral puisque ces domaines ont en commun le traitement phonologique (Price, 2012). De plus, le cortex occipito-temporal gauche est activé pour la reconnaissance visuelle des mots (Dehaene & Cohen, 2011 ; Glezer & al., 2009 ; McCandliss & al., 2003). Quant à l'arithmétique, comme dit précédemment, le système neuronal pour le traitement des nombres reste la région fronto-pariétale bilatérale (Kaufmann & al., 2011 ; Nieder & Dehaene, 2009).

Dans leur étude, Evans et ses collaborateurs (2016) ont souligné que l'activation des régions cérébrales était différente selon les informations numériques traitées (quantitatives, verbales, visuelles). En effet, comme le montre le « modèle du triple code » (Dehaene, 1992), les systèmes numériques verbal et visuel ont un lien avec les zones impliquées dans le traitement du langage alors que le système quantitatif est uniquement lié au traitement numérique. C'est alors que les tâches arithmétiques faisant appel au système verbal tel que les additions de petits nombres engagent le gyrus angulaire gauche, le cortex temporal moyen et le cortex frontal inférieur (Dehaene & al., 2003 ; Prado & al., 2011). Nous notons par ailleurs que la récupération de faits arithmétiques est liée à la conscience phonologique (Barnes & al., 2014 ; Dehaene, & al., 2003 ; De Smedt & al., 2010 ; Hecht & al., 2001 ; Simmons & Singleton, 2008), compétence importante pour la lecture (Barnes & al., 2014 ; De Smedt & al., 2010 ; Melby-Lervåg & al., 2012). A contrario, les soustractions faisant appel aux procédures quantitatives et moins à la récupération, sont plus fortement liées aux régions pariétales bilatérales (Rosenberg-Lee & al., 2011).

Par conséquent, la lecture et l'arithmétique ont des circuits neuronaux différents concernant la soustraction (Prado & al., 2011), mais ils sont partagés dans le cortex temporal moyen, pariétal inférieur et frontal inférieur en particulier quand les tâches arithmétiques nécessitent l'utilisation de stratégies de récupération verbale (additions simples), soit quand il y a une implication des systèmes verbaux (Evans & al., 2016).

.1.2.3. Influence du langage écrit sur la cognition mathématique

Il y aurait un lien entre les compétences en lecture, en arithmétique et en résolution de problèmes dès le début du développement (Purpura & al., 2011). Les compétences en lecture semblent

être importantes dans l'acquisition des connaissances arithmétiques (Hecht, & al., 2001 ; Jordan & al., 2003).

D'une part, la lecture comprend le décodage et la compréhension du langage écrit, composantes qui comprennent d'autres processus cognitifs : lecture de mots, fluidité et rapidité, connaissance du vocabulaire, grammaire et inférences (Cain & al., 2004). D'autre part, les compétences mathématiques font appel à la numération et à la résolution de problèmes, composantes qui exigent la maîtrise des nombres, du comptage, et des procédures opératoires. Toutefois, ces processus cognitifs ne suffisent pas à la résolution de problèmes, ils nécessitent un bon décodage et une compréhension du langage écrit (Abedi & Lord, 2001 ; Fuchs & al., 2015, Grimm, 2008). La méta-analyse de Singer et Strasser (2017) portant sur le lien entre l'arithmétique et les performances en lecture, a révélé l'importance de cette corrélation chez les enfants d'âge scolaire au développement typique en mettant notamment en avant la possible contribution du traitement phonologique (Hecht, & al., 2001) et la vitesse de traitement. D'un point de vue expérimental, concernant l'arithmétique, une étude plus ancienne a montré qu'un enseignement en lecture et en arithmétique a apporté une amélioration des résultats lors d'un test en arithmétique, contrairement au groupe contrôle qui avait seulement eu un enseignement en arithmétique (Gilmory, 1967). Cela révèle bien la corrélation entre ces deux domaines. D'un autre côté, Fuchs et al. (2015) ont constaté que les capacités de lecture en première année de scolarité prédisaient les compétences en calcul en troisième année de scolarité.

Dans l'étude de Grimm (2008), l'objectif était d'étudier l'influence des compétences en lecture sur les résultats en mathématiques du CE2 à la 4ème. Les résultats ont alors montré des effets positifs du niveau de lecture précoce sur l'évolution des compétences mathématiques, principalement pour la résolution de problèmes, mais aussi pour l'estimation mathématique et le calcul mathématique. Cela démontre l'importance de bonnes capacités en lecture dans les premières années de scolarité pour la réussite dans le domaine des mathématiques (Grimm, 2008).

.2. Repérer pour mieux intervenir

Il existe des repères de progression scolaire, dès le CP, que les enseignants suivent pour organiser les apprentissages fondamentaux. Ils permettent de cibler ce que doivent savoir faire les élèves (Eduscol, 2020). Or, tous les enfants ne sont pas égaux face aux apprentissages et les acteurs du milieu scolaire doivent pouvoir repérer ces élèves.

.2.1. Développement atypique du langage écrit et de la cognition mathématique

La maîtrise du langage écrit et des mathématiques est une exigence en matière de réussite scolaire et d'intégration sociale. De fait, de simples difficultés ou des troubles spécifiques, en l'absence de diagnostic et d'une prise en charge appropriée, ne sont pas sans conséquences.

.2.1.1. Quand faut-il s'alerter ?

En langage écrit, que ce soit des difficultés légères ou sévères, si, à partir du second semestre du CP, un enfant a des difficultés persistantes en langage oral telles que des erreurs syntaxiques et une fragilité en conscience phonologique, alors les personnes l'entourant doivent s'interroger. Effectivement, il existe un continuum entre le langage oral et le langage écrit où la reconnaissance des mots écrits est influencée par les capacités langagières phonologiques (Hulme & Snowling, 2014). Par ailleurs, une mauvaise mise en place des correspondances graphème-phonème et de grandes difficultés en lecture de syllabes simples font également partie des signes d'alerte. Au CE1, ces derniers se manifestent par un manque d'automatisation de la voie d'assemblage et/ou de la voie

d'adressage pouvant se répercuter sur la compréhension écrite, et une mauvaise efficacité de l'écriture. À cela s'ajoutent, à partir du CE2, des confusions et des inversions sur les lettres et les sons, des difficultés dans la mémorisation de l'orthographe lexicale, dans l'application des règles d'accord et des erreurs de segmentation (HAS, 2017).

En cognition mathématique, en grande section de maternelle, il est important de s'alerter lorsqu'un enfant présente des difficultés d'accès au code, des erreurs dans sa chaîne numérique verbale et dans le comptage (HAS, 2017). L'HAS a souligné également le manque de stabilité comme signe d'alerte, concernant les cinq grands principes qui permettent le dénombrement de collections grâce au pointage. À partir du CP, il est nécessaire d'identifier s'il y a une persistance des difficultés concernant le nombre et le calcul (HAS, 2017). En effet, comme vu précédemment, des difficultés à une étape dans le développement de la cognition mathématique vont entraîner d'autres perturbations.

.2.1.2. Répercussions sur la scolarité de l'enfant et sur sa vie quotidienne

Nous avons relevé des répercussions scolaires et sociales. L'écriture et la lecture constituent une base pour l'apprentissage des savoirs, mais être en difficulté dans ces domaines représente un véritable handicap pour l'enfant. Si une prise en charge n'est pas envisagée pour un enfant ayant un trouble spécifique du langage écrit, à terme, cela peut entraîner une diminution de la confiance en soi et de l'estime de soi à cause des nombreux échecs. Ces enfants peuvent facilement se démotiver face aux apprentissages (Martinez, 2013) car leurs efforts de travail sont difficilement récompensés, les progrès scolaires ne se voyant pas toujours (Plantier, 2002). Au surplus, la fatigue liée à de la surcharge cognitive est souvent présente lorsqu'il y a un manque d'automatisation des procédures de lecture et d'écriture (Duvilié, 2004). Les relations sociales peuvent également être altérées à cause du repli sur soi, de la timidité (Duvilié, 2004) et d'une anxiété plus marquée (Nelson & Harwood, 2011).

En ce qui concerne les mathématiques, Thibaut (2016) a expliqué dans son mémoire que les adultes ayant une dyscalculie ou de simples difficultés en mathématiques, ont eu un parcours scolaire laborieux. Ce qui est le plus souvent retrouvé lors de la pratique des mathématiques est l'anxiété qui peut se manifester quand un enfant a des performances faibles dans le domaine numérique (Maloney & Beilock, 2012 ; Ramirez, & al., 2013), corrélation d'ailleurs retrouvée dans l'étude de Soni et Kumari (2015) avec comme conséquence un évitement (Ashcraft, 2002).

D'un point de vue général, une maladresse, un refus d'aller à l'école, une agitation, des comportements d'évitement ou encore des comportements plus somatiques (ex. sommeil, appétit, etc.) peuvent être des répercussions (HAS, 2017). À long terme, les difficultés peuvent engendrer un échec scolaire. Partant de ce fait, il serait pertinent que les enfants profitent des actions de repérage le plus tôt possible pour déboucher sur la mise en place d'aides pédagogiques et rééducatives appropriées et limiter la succession de réactions néfastes à long terme.

.2.2. Le repérage précoce à visée de prévention

Les compétences scolaires font l'objet des préoccupations de la famille et des professionnels qui observent avec attention les progrès ou les hypothétiques retards concernant tout domaine cognitif. Ils sont nombreux à graviter autour de l'enfant et à pouvoir identifier des signes d'alerte.

.2.2.1. Définition des termes « repérage » et « prévention »

Dans le dictionnaire d'orthophonie, troisième édition (2011), la prévention a pour objectif de diminuer l'apparition d'une pathologie chez une population donnée. Les auteures ont fait référence à l'Organisation Mondiale de la Santé pour indiquer qu'il existe la prévention primaire pour « réduire l'apparition de cas nouveaux », la prévention secondaire pour « réduire la durée d'évolution » et la

prévention tertiaire pour « réduire les modalités fonctionnelles consécutives à la maladie ».

Le repérage consiste à observer et déceler un (ou plusieurs) signe(s) inhabituel(s) susceptible(s) d'indiquer une particularité dans le langage et dans la communication. Ce repérage constitue un enjeu majeur de santé publique car il permettra de mettre en place le processus de parcours de soins (HAS, 2017). Le terme de « repérage » n'est pas à confondre avec le « dépistage » qui concerne les enfants ayant déjà été repérés et chez qui nous souhaitons objectiver la présence d'un trouble (Vallée & Dellatolas, 2005).

.2.2.2. Rôle des partenaires dans la prévention et le repérage : agir ensemble

Selon l'article L. 4341-1 du code de la santé publique, le rôle de l'orthophoniste comprend « la promotion de la santé, la prévention, le bilan orthophonique et le traitement des troubles de la communication, du langage dans toutes ses dimensions, de la cognition mathématique, de la parole, de la voix et des fonctions oro-myo-faciales ». La prévention fait donc partie des préoccupations de la profession d'orthophoniste et elle est menée par des actions telles que l'éducation sanitaire, l'accompagnement parental ou encore la formation et l'information des personnes en contact des enfants (Dictionnaire d'orthophonie, 2011).

Dans le rapport sur les recommandations concernant les outils de repérage, dépistage et diagnostic pour les enfants avec un trouble spécifique du langage, Vallée et Dellatolas (2005) ont soutenu que le repérage fait partie des missions du médecin, de la famille mais aussi des enseignants. Ce sont des acteurs devant être sensibilisés aux troubles des apprentissages. Aussi, le rôle de l'enseignant est primordial car il est en contact quotidien avec les enfants. Il pourra alerter les parents en cas d'identification de compétences inhabituelles et façonner des mesures pédagogiques adaptées selon les besoins et les difficultés de l'enfant, comme des activités de stimulation. Si les progrès ne sont pas significatifs au bout de trois à six mois de pédagogie ajustée, l'enseignant pourra conseiller les parents pour un avis médical. Le but sera de dépister un trouble persistant des apprentissages par des professionnels de santé (HAS, 2017). Un partenariat entre intervenants aboutit à des effets positifs. Ainsi, l'HAS soutient que la présence de signes d'alerte doit conduire à des examens plus approfondis à l'aide d'outils normés utilisés par un professionnel de santé.

.3. Deux activités fréquentes au sein des foyers

Au vu des répercussions des difficultés scolaires sur le développement des enfants, il semble intéressant de pouvoir exploiter tant le milieu scolaire que familial des enfants pour les stimuler. Nous savons déjà que les compétences mathématiques en début de maternelle sont prédictives des résultats dans les années ultérieures (Duncan et al., 2007). Il serait donc pertinent de pouvoir réaliser un entraînement préventif par le biais d'activités familiales dès le plus jeune âge.

.3.1. Les jeux de société

Les expériences de calcul du quotidien, qui ne sont pas formellement liées à l'apprentissage des mathématiques, telles que les jeux de société, peuvent apporter des bénéfices sur le développement des compétences numériques (Ramani & Siegler, 2008 ; LeFevre & al., 2009 ; Benavides-Varela & al., 2016).

.3.1.1. Place et rôle du jeu

Le jeu est une activité ludique, créative et éducative qui est ancré dans les traditions culturelles. Il est le fondement du développement de l'enfant (UNESCO, 1979) car il permet une

contribution à la fois au bien-être physique, social, émotionnel mais aussi cognitif de l'enfant. C'est par le jeu qu'il explore et interagit avec le monde (Isaacs, 2011).

Il existe d'une part, le jeu libre mené par l'enfant. Il peut y inclure naturellement des notions en lien avec les mathématiques comme la classification, le dénombrement, l'utilisation de motifs et de formes (fabriquer un élément à partir d'un motif particulier) et l'orientation spatiale (Seo & Ginsberg, 2004). D'autre part, le jeu dirigé allie la découverte du jeu libre avec la structuration apportée par l'adulte. Ce dernier guide et motive l'enfant en organisant l'environnement en lien avec le but de l'apprentissage (Hassinger-Das & al., 2018).

Le jeu peut se retrouver dans le milieu scolaire et il permet une meilleure adaptation ainsi qu'une amélioration des performances et des comportements d'apprentissage, et des aptitudes à résoudre les problèmes. Par ailleurs, au domicile, les parents qui s'impliquent dans les jeux de l'enfant y trouvent un moyen de s'impliquer dans la relation et apprennent davantage à communiquer avec leurs enfants (Ginsburg, 2007). Comme souligné par Hassinger-Das et al. (2018), le jeu permet des apprentissages solides et encore plus lorsqu'il rassemble quatre fondements essentiels : l'enfant doit être actif pour expérimenter et apprendre les savoirs, il doit être pleinement engagé dans la tâche, et il doit interagir avec le matériel, mais aussi avec autrui participant à l'activité. Ainsi, le jeu n'est pas uniquement distrayant mais il apporte une contribution aux apprentissages. Il est alors profitable de lui donner des objectifs d'apprentissage.

.3.1.2. Apport du jeu de société dans le développement des mathématiques

Blevins-Knabe et Musun-Miller (1996) ont établi un lien prédictif entre les performances d'enfants en compétences numériques de base, et la fréquence des activités autour des chiffres tels que les jeux de société. LeFevre et al. (2009) ont analysé les résultats scolaires des enfants de la maternelle au CE2, concernant la précision et la fluidité numérique. Ils ont ainsi constaté une amélioration en lien avec les activités de calcul à domicile, et plus particulièrement pour la fluidité des additions. Pour Benavides-Varela et al. (2016), les activités dans l'environnement familial permettaient d'améliorer les performances d'enfants de cinq à six ans. Ils étaient capables de résoudre des problèmes avec des opérations encore méconnues à leur âge. Les compétences en comptage étaient aussi améliorées, étant donné que les jeux de société numérotés nécessitent de connaître les nombres et de maîtriser le comptage (Ramani & Siegler, 2008). Les jeux de plateau numérotés de façon linéaire sont particulièrement intéressants pour se faire une représentation correcte de la grandeur des nombres puisqu'ils apportent des informations sur l'ordre et la magnitude des nombres à l'aide d'indices visuels, kinesthésiques, auditifs et temporels (Ramani & Siegler, 2008 ; Siegler & Booth, 2004). En effet, plus le nombre est grand, plus il y aura de mouvements physiques pour déplacer le pion, de temps pour atteindre la case, et de mots-nombres à énoncer. A contrario, les jeux de plateau circulaires et ne portant pas d'intérêt à l'ordre des nombres, n'apportent pas de bénéfices sur le plan des mathématiques (Laski & Siegler, 2014). Ainsi, les jeux de société permettent non seulement d'améliorer le comptage mais aussi la comparaison et l'estimation de grandeurs numériques, et l'identification des chiffres chez les enfants d'âge préscolaire. Sans compter que les progrès dureraient dans le temps (Ramani & Siegler, 2008). À savoir que les compétences précédemment citées constituent un support de base dans le développement des connaissances numériques (Ramani & Siegler, 2008). En résumé, un environnement mathématique riche et motivant permet aux jeunes enfants d'acquérir une réflexion et des connaissances bien plus complexes que ce qui serait attendu à leur âge. En sachant que les expériences de calcul à la maison sont essentielles pour l'apprentissage précoce, un partenariat entre les enseignants et les parents serait bénéfique pour stimuler les compétences des enfants (Kleemans & al., 2012).

.3.1.3. Un exemple de programme incluant des jeux mathématiques

« Big Math for Little Kids », créé par Ginsburg et al. (2003), est un exemple de programme mathématique qui s'appuie sur les expériences quotidiennes et activités ludiques des enfants en bas âge (maternelle et même avant), qu'ils apprécient, afin de favoriser les échanges réflexifs des enfants sur leurs explorations. Ce programme est basé sur les compétences et les intérêts des enfants. Il vise à soutenir et à améliorer les réflexions autour des mathématiques sur une longue période en utilisant différentes activités. En effet, les enfants ont des notions mathématiques informelles qu'ils peuvent exploiter à l'aide des adultes. Ces derniers doivent les inciter à aller au-delà de leurs capacités et ne pas les limiter à ce qu'ils sont censés savoir : aller plus loin que le comptage jusqu'à dix, ne pas s'arrêter à la reconnaissance de formes mais observer la symétrie, etc. Ainsi, le but de « Big Math for Little Kids » est de développer l'accessibilité au lexique mathématique en se basant sur la répétition des activités : les auteurs ont souligné son importance car les enfants en ont besoin pour s'impliquer, comprendre et s'habituer. Six grands domaines sont exploités : « nombre, forme, mesure, construction et partition des nombres, modèles et logique, et navigation et concepts spatiaux » (Greenes & al., 2004).

Parmi les activités proposées comme la lecture d'histoires et les chansons, les jeux mathématiques ont été utilisés. Ainsi, grâce à ces derniers, à leur répétition et à la motivation des enfants, les auteurs ont constaté que les enfants étaient capables d'anticiper les actions et de prédire leurs conséquences grâce à des réflexions plus abstraites. Par exemple, les enfants devaient lancer un dé avec différentes formes, et déplacer leur pion sur un plateau de jeu selon le nombre de côtés que possédait la forme sur la face supérieure du dé. Ils étaient alors capables d'imaginer quelles formes ils devaient voir apparaître pour espérer déplacer leur pion d'un certain nombre de cases, dans leur intérêt. (Greenes & al., 2004).

.3.2. Les écrans

Les écrans offrent au cerveau humain un large éventail de possibilités lui permettant d'exercer toutes ses potentialités mais ils peuvent aussi influencer le développement cognitif de l'enfant et le rendre moins optimal.

.3.2.1. Les écrans et leur utilisation

La surexposition des enfants aux écrans fait grand bruit et débat dans notre société. Ils ont de multiples fonctionnalités et sont davantage reconnus pour leur aspect distrayant. Nous distinguons deux types d'appareils électroniques : les écrans non interactifs (la télévision), et les écrans interactifs (les tablettes, smartphones, consoles de jeux). Ils sont aujourd'hui très simples d'utilisation, intuitifs et ludiques pour les enfants qui les utilisent de plus en plus fréquemment. Les données de Barthomier et Octobre (2019) sur les enfants de zéro à deux ans ont montré que la grande majorité des foyers sont équipés en appareils électroniques. Dans l'étude de Assathiany et al. (2018), les enfants français âgés de moins de trois ans ont déjà accès aux écrans et la télévision joue même le rôle de « baby-sitter ». En Europe, les enfants de moins de six ans sont exposés aux écrans quotidiennement au-delà de deux heures, comme le montre une revue systématique sur la durée d'utilisation des écrans par ces enfants (Mayeux-Derville, 2019). Aux États-Unis, le temps devant les écrans peut atteindre, pour les enfants d'environ quatre ans, près de quatre heures par jour.

La télévision reste aujourd'hui le média de prédilection des enfants. Néanmoins, son utilisation est en baisse pour laisser place aux écrans interactifs et mobiles (Kostyrka-Allchorne & al., 2017), la possession des tablettes tactiles dans les foyers ayant doublé depuis 2013 (Kabali & al., 2015). La plupart des enfants de quatre ans en posséderait une. Entre alors en compte la « multitâche

médiatique » (Kabali & al., 2015), qui est très fréquente chez les plus grands mais commence aussi à l'être pour les enfants de moins de quatre ans, et notamment pour les familles au niveau socio-culturel moins élevé. Le fait d'être sur plusieurs écrans en même temps ne facilite pas la concentration et l'efficacité des tâches (Ophir & al., 2009), altérant alors les capacités de mémorisation.

D'après l'étude de Assathiany et al. (2018), les enfants de moins de trois ans sont déjà au contact de ces écrans qu'ils arrivent à utiliser avec beaucoup d'aisance pour regarder des clips vidéo et des photos ainsi que pour utiliser des applications. Ces dernières, qu'elles soient éducatives ou divertissantes, sont populaires (Kabali & al., 2015). Kabali et al. (2015) citent les études North Western et Miner pour souligner que les médias sont utilisés par les parents pour distraire ou calmer leurs enfants mais aussi pour éduquer, communiquer et jouer. Selon les recommandations de l'American Academy of Pediatrics, les écrans sont déconseillés pour les plus petits et il est préférable que les plus de deux ans n'y soient pas exposés plus de deux heures par jour. Or, presque la moitié des enfants de 12 à 35 mois ne les respectent pas (Pagani & al., 2010).

.3.2.2. Les effets sur le développement de l'enfant et sur les compétences mathématiques

Tout d'abord, une consommation excessive d'écrans non interactifs entraîne dès le plus jeune âge un manque d'activités physiques et sociales, et un surpoids (Dennison & al., 2002), ainsi que de potentiels troubles visuels. De mauvaises habitudes de sommeil peuvent progressivement apparaître. D'ailleurs, un manque de sommeil impacterait la mémorisation et les compétences cognitives à plus long terme (Dutil et al., 2018). Ainsi, cette surconsommation compromet non seulement le développement du langage mais aussi celui des mathématiques. En effet, les résultats de l'étude de Pagani et al. (2010) ont montré une corrélation entre une exposition précoce d'une heure quotidienne à la télévision et des résultats plus faibles en mathématiques : les résultats seraient diminués de 40%. Cette fragilité pourrait s'expliquer par une altération de l'attention due, elle aussi, à une exposition précoce à la télévision (Blair & Razza, 2007 ; Christakis & al., 2004). Nous savons en effet, grâce à une étude, que l'exposition à la télévision altère l'attention : le nombre d'heures passées à regarder les écrans à un et trois ans était corrélé à des difficultés attentionnelles à sept ans (Christakis & al., 2004). Bach et al. (2013) ont également constaté que les enfants en bas âge, pour qui il y a une exposition prolongée aux écrans non interactifs, auraient une diminution de 6% des compétences mathématiques à 10 ans. L'exposition à la télévision influence donc la façon dont les enfants se comportent dans leurs apprentissages. Les enseignants ont aussi constaté que ces enfants sont davantage passifs, moins investis, moins persévérants et moins autonomes (Pagani & al., 2010). Les capacités de concentration et l'intérêt en classe sont diminués (Bach & al., 2013).

Les écrans interactifs, quant à eux, contribuent à l'éveil précoce des tous petits (de zéro à deux ans). En d'autres termes, l'aspect visuel et tactile des tablettes, par exemple, a un rôle dans le développement cognitif et sensori-moteur de l'enfant car cet outil numérique est source d'exploration et d'apprentissage. Il permet à l'enfant d'évoluer dans un contexte d'échange avec autrui. Chez les enfants entre deux et six ans, les outils numériques interactifs peuvent être exploités pour une fonction pédagogique en entraînant les capacités d'attention visuelle sélective, la lecture, la catégorisation voire le dénombrement. À partir de six ans, l'enfant est dans une période où les acquisitions évoluent de façon considérable et notamment en mathématiques. Les jeux vidéo augmentent les capacités cognitives mais aussi l'attention visuelle et le contrôle exécutif avec aussi une meilleure flexibilité (Bach & al., 2013 ; Sella & al., 2016). Les écrans interactifs peuvent donc offrir une nouvelle façon d'apprendre avec plaisir et motivation, et accroître le temps attribué aux tâches. Pourtant, ils semblent tout de même avoir une contribution néfaste, autant que la télévision. D'autant plus quand nous savons qu'aucune amélioration en mathématiques n'a été démontrée chez des élèves utilisant ces

outils numériques (OCDE, 2015).

.3.2.3. Un exemple d'application sur écrans interactifs : « La course aux nombres »

Ces dix dernières années, différents jeux vidéo, dont le but était d'améliorer les performances en mathématiques, ont fait leur apparition. « La course aux nombres », qui en fait partie, est un jeu numérique gratuit ayant pour objectif l'amélioration du sens du nombre, l'automatisation arithmétique et l'accroissement de la motivation (Sella & al., 2016). La comparaison de quantités est mise en avant dans ce jeu et est une manière d'évaluer la compréhension du sens du nombre, qui est primordiale pour la réussite scolaire. Son entraînement est bénéfique pour les mathématiques. Le but du jeu est donc de choisir la plus grande quantité parmi deux propositions qui vont de un à neuf. Les quantités sont représentées par des codes analogiques (objets), arabes (chiffres), verbaux oraux, ou de petites additions ou soustractions. L'enfant avance son personnage sur le plateau linéaire selon la quantité qu'il a choisie précédemment, renforçant ainsi la compréhension de la magnitude entre les nombres. Le gagnant (l'enfant ou l'ordinateur) est celui qui arrive à la 40ème et dernière case.

À partir de ce jeu, différentes études ont été développées. Wilson et al. (2006) ont montré qu'après y avoir joué pendant plusieurs semaines, des enfants dyscalculiques de sept à neuf ans s'étaient améliorés concernant les tâches numériques de base en lien avec le sens du nombre (subitizing, comparaison), et les soustractions. Ensuite, Rasanen et al. (2009) ont montré que des enfants ayant des faiblesses en numération avaient également progressé sur la comparaison de nombres. Quant à Obersteiner et al. (2013), ils ont montré une amélioration dans les performances arithmétiques. Enfin, Sella et al. (2016) ont souligné que des enfants d'âge préscolaire de milieu socio-économiques moyens étaient meilleurs en comparaison de nombres. Ils arrivaient également à mieux situer un nombre sur une ligne numérique, situation alors comparable aux jeux de société avec un plateau linéaire. De plus, les plus âgés pouvaient également s'améliorer de façon significative en calcul mental et donc en arithmétique. En conclusion, « La course aux nombres » semble contribuer à l'amélioration des compétences numériques de base mais aussi plus avancées chez les jeunes enfants de tout niveau en mathématiques et venant de tout milieu socio-économique. Il pourrait donc être intéressant de le faire connaître auprès des enseignants et des familles pour améliorer les compétences précédemment citées, puisqu'elles sont prédictives de la réussite en mathématiques.

En conclusion, l'influence des écrans dépend donc de la façon dont ils sont utilisés (Assathiany & al., 2018). Toutefois, dans tous les cas, un consensus a été établi pour affirmer que l'exposition aux écrans, sans la présence d'un adulte avec qui l'enfant pourrait interagir, n'est pas à privilégier. Une pratique régulée et une éducation à « l'alphabétisation numérique » paraît nécessaire pour une meilleure contribution au développement cognitif de l'enfant (Bach & al., 2013). L'étude de Wartella et al. (2013) citée par Kabali et al. (2015) souligne qu'une majorité des parents pensent tout de même que ces appareils ne simplifient pas l'éducation des enfants.

.4. Buts et hypothèses

Nous avons pu constater que le repérage précoce des difficultés d'apprentissage des enfants est primordial afin d'éviter les conséquences néfastes pouvant en découler. Ainsi, les informations recueillies concernant le repérage serviront pour enrichir un site internet qui sera mis à disposition des enseignants et des parents avec des activités de stimulation. Par ailleurs, les données exposées précédemment ont montré une corrélation entre les compétences mathématiques et le langage écrit ainsi qu'une influence des activités proposées au domicile familial sur le développement cognitif. Il

semble y avoir un consensus dans la littérature scientifique quant aux bénéfices des jeux de société mais les données font davantage débat quant à l'utilisation de la tablette tactile.

Nous faisons, par conséquent, plusieurs hypothèses : Au vu des liens entre cognition mathématique et langage écrit, nous supposons que les enfants ayant eu des résultats faibles à une épreuve de langage écrit auront des performances moins élevées à une épreuve de mathématiques. Nous cherchons également à observer un lien entre la lecture et la résolution d'additions. En plus, nous constaterons des performances différentes selon les activités préférentielles des enfants. Nous faisons l'hypothèse que les enfants passant du temps à jouer aux jeux de société auront de meilleures performances en mathématiques. Ensuite, étant donné la divergence des avis concernant les écrans interactifs et la moins grande richesse des données dans la littérature, nous nous demandons s'ils vont avoir une influence néfaste dans les compétences mathématiques ou s'ils vont y contribuer plutôt positivement.

Méthodologie

Nous présentons dans cette partie du mémoire la façon dont nous avons recruté les sujets de l'étude, sur quels critères, et avec quels matériels nous les avons testés. Nous exposons également les moyens mis en œuvre pour le recueil des données.

.1. Sujets de l'étude

Tout d'abord, nous allons détailler les données concernant l'échantillon d'enfants : les critères d'inclusion, le nombre d'enfants recrutés, et les informations sur ces derniers.

.1.1. Présentation et recrutement de l'échantillon

L'échantillon final se compose de 48 enfants respectant les critères d'inclusion. Les enfants inclus dans l'étude devaient avoir comme langue maternelle le français et devaient être scolarisés en classe de CE1. Une autorisation parentale leur permettait de passer les tests.

Pour l'administration des tests, il a été nécessaire de se déplacer dans les écoles élémentaires. Celles ayant participé au projet sont des établissements de la région Hauts-de-France. Elles sont au nombre de trois : deux écoles privées dans le département du Pas-de-Calais et une école privée dans le département du Nord. Deux classes de CE1 comprenaient 12 et 21 élèves. Nous les avons rencontrés et nous leur avons fait passer un test de calculs mathématiques et de langage écrit, après autorisation des parents et du directeur de l'établissement. La troisième école élémentaire regroupait quinze enfants d'une classe de CE1. Nous avons fait passer l'épreuve de mathématiques à ces élèves, tandis que ce sont deux étudiantes en quatrième année d'orthophonie qui ont administré l'épreuve de langage écrit, dans le cadre de leur stage recherche.

Pour une meilleure clarté, la répartition selon le sexe et l'âge des enfants est retranscrite dans le tableau ci-dessous (cf. Tableau 1). Nous constatons une répartition équilibrée du genre chez les CE1. Le plus jeune enfant de l'échantillon était âgé de six ans et huit mois, le plus âgé de huit ans.

Tableau 1. Répartition des effectifs.

		École 1	École 2	École 3	Total
Sexe	Fille	6	10	7	23
	Garçon	6	11	8	25
Âge moyen (en année)		6.9	7.05	6.73	6.89
Nombre de mois moyen (en mois)		86.4	89.33	86.8	87.87

.2. Présentation du protocole : Matériel

Nous exposons dans cette partie le matériel que nous avons utilisé pour tester les enfants de notre échantillon.

.2.1. Questionnaire

Nous avons utilisé un questionnaire à destination des parents, qui s'appuie sur celui créé les années précédentes (Mohamed, 2019 ; Vasseur, 2019) dans le cadre de l'action de repérage, et qui a été distribué en version papier aux écoles. Celui-ci contient des questions sur les habitudes des enfants face aux écrans et aux jeux de société. Il se compose de trois grandes parties. En effet, le parent remplissant le questionnaire doit classer par ordre d'utilisation (par son enfant), la tablette, la télévision, les jeux de société et les jeux manuels. La deuxième et la troisième partie concernent respectivement les activités autour de la tablette et du téléphone, et des jeux de société. Il est demandé aux parents de préciser la fréquence, le temps moyen d'utilisation du jeu, et le type de jeux utilisés. Pour la deuxième partie, deux questions supplémentaires sont ajoutées pour savoir sur quel support l'enfant joue et s'il possède ou non sa propre tablette numérique ou son propre téléphone.

.2.2. Tempo Test Rekenen (TTR)

Le Tempo Test Rekenen (TTR) est un test néerlandais élaboré en 1992 par De Vos permettant d'évaluer les compétences des enfants de la première à la sixième année de primaire.

Le TTR est un outil d'évaluation des fluences arithmétiques incluant les quatre opérations. Il comprend donc quarante additions, quarante soustractions, quarante multiplications et quarante divisions disposées en cinq colonnes. Les calculs sont proposés par ordre croissant en termes de difficulté. Ainsi, les premiers calculs doivent faire intervenir les faits arithmétiques et donc la récupération en mémoire des résultats ; les derniers calculs font appel aux procédures de calcul. Les opérations doivent être réalisées mentalement. Les enfants ne peuvent pas les poser. Pour chacune des opérations, les enfants disposent de deux minutes pour résoudre le plus possible de calculs. Le TTR permet alors d'évaluer la justesse de résolution des calculs sous contrainte temporelle.

Étant donné le niveau scolaire des élèves de CE1, il est demandé aux enfants de réaliser seulement les opérations additives et soustractives.

.2.3. Professeurs des Écoles Repérage langage écrit (PE Rle)

Le test Professeurs des Écoles Repérage langage écrit (PE Rle) est un test créé par Ravez et Weens. Ce test a fait l'objet de plusieurs mémoires d'orthophonie (Auxis & Pialoux, 2014 ; Boutin & Quillien, 2012 ; Caldas-Osvald & Negaret, 2012 ; Deprey & Renard, 2007 ; Dondin & Mastrototaro, 2009 ; Flahaut & Hermant, 2011 ; Parmentier & Petitpas, 2009). Il a pour objectif de repérer précocement les signes d'alerte en lien avec le développement du langage écrit en CE1 et en

CE2. Le PE Rle ne permet pas de poser un diagnostic mais il permet d'avoir une première idée du niveau de langage écrit et d'informer les parents. Le test est composé d'un fichier de passation pour l'élève, d'un fichier de correction pour l'enseignant, et d'un guide de passation et de cotation. La passation de ces différentes épreuves doit être réalisée en début de CE1 ou de CE2, avant fin octobre. Les épreuves sont différentes selon le niveau scolaire. Le PE Rle comporte, pour le CE1, trois tâches : l'épreuve de conscience phonologique et l'épreuve d'orthographe pouvant être réalisées collectivement, et l'épreuve de lecture devant être réalisée individuellement. Ce sont des épreuves non chronométrées qui nécessitent uniquement les fichiers sous format papier, et un crayon.

Concernant tout d'abord l'épreuve de conscience phonologique, l'objectif est de repérer s'il y a présence ou non de confusions phonologiques sur les sons ch/z/k/b/i/a. Pour chaque son, six images sont proposées. L'examineur est le seul qui les nomme. L'enfant doit entourer les images contenant le son cible dans différentes positions, et barrer ceux ne le contenant pas. Parmi les images, nous en relevons trois correctes, deux qui contiennent de possibles erreurs phonologiques que peuvent faire les enfants, et un distracteur neutre. Seules les images pour le /i/ ne peuvent pas contenir d'images avec de possibles confusions phonologiques. Ensuite, l'épreuve d'orthographe nécessite d'utiliser une feuille quadrillée et a pour but d'évaluer la voie d'assemblage (respect des règles de correspondance phonème-graphème) et la voie d'adressage. L'enfant doit transcrire dix logatomes de deux syllabes chacun, puis neuf mots qui doivent être maîtrisés depuis la fin du CP. Il sera intéressant de pouvoir identifier le type d'erreurs commises : les confusions auditives et visuelles, et les inversions de sons dans les groupes consonantiques. Enfin, la dernière épreuve consiste pour l'enfant à lire huit logatomes de deux syllabes chacun, puis à lire huit mots censés être connus depuis mi-CP.

L'autocorrection à ces différentes épreuves est possible, seule la dernière réponse sera prise en compte.

.3. Procédure

Enfin, dans cette partie, nous présentons la façon dont nous avons procédé pour recueillir les données.

.3.1. Recueil du consentement des écoles, des autorisations parentales et prise de contact

Une autorisation a été demandée et obtenue par les directrices de ce mémoire, auprès de la Commission Nationale de l'Information et des Libertés (CNIL) et du Comité d'Éthique d'Établissement, ce qui a permis de mettre en place le projet (protocole Comité d'Éthique de l'Université de Lille n° 2019-372-S76 ; déclaration à la CNIL GED Université de Lille n°201987).

La prise de contact s'est faite par téléphone pour les trois écoles. Suite au consentement des écoles, nous avons transmis dans la boîte aux lettres des écoles, une lettre adressée aux directeurs et aux enseignants des classes de CE1 afin de les informer plus en détails sur le projet, son but, et son déroulé pour arriver aux conclusions attendues. Nous avons ensuite pu distribuer les formulaires d'autorisation parentale à l'ensemble des parents, permettant ainsi le recueil des données de ceux ayant accepté. Nous avons alors convenu d'une date pour la passation des tests.

.3.2. Passations

Les passations se sont déroulées au sein des établissements, dans une salle loin de tout stimuli perturbateurs de manière collective pour le TTR et pour une partie du PE Rle. L'épreuve de lecture

de logatomes et de mots s'est déroulée individuellement.

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau 2) répertorie les dates de passation des différentes épreuves.

Tableau 2. Dates de passation des épreuves.

	École 1		École 2		École 3	
	PE Rle	TTR	PE Rle	TTR	PE Rle	TTR
Date de passation	10/11/2020	10/11/2020	12/01/2021	12/01/2021	29/09/2020	28/01/2021

.3.3. Cotation et traitement des données

La cotation s'est faite sur les protocoles et sur les questionnaires parentaux qui contiennent les informations de chaque participant à l'étude (nom, prénom, âge, etc.). Les scores bruts obtenus ont été relevés et nous avons ensuite rempli dans un tableur les données obtenues dans le respect de l'anonymat grâce à l'attribution d'un code à l'école et à chaque participant. Les données manquantes ont été notées dans le tableur par un point. Effectivement, certains enfants n'ont pas répondu à toutes les questions, ou les questionnaires n'ont pas été correctement remplis. Ceci explique que l'échantillon d'enfants a parfois été différent pour les analyses statistiques détaillées dans la partie suivante.

Concernant le PE Rle, l'épreuve de conscience phonologique a une cotation binaire (0 ou 1) pour chaque son. Pour l'épreuve d'orthographe et de lecture, il s'agit d'attribuer un point par syllabe de logatomes bien transcrite/bien lue, et la cotation est binaire pour la dictée/lecture de mots. La cotation permet de classer les élèves en trois groupes : si le score total est inférieur à 25, l'élève est considéré « en difficulté » ; si le score total se situe entre 25 et 37, l'élève est « à surveiller » ; si le score total est supérieur à 38, l'élève est « non repéré ».

Au sujet du TTR, la cotation est également binaire (0 ou 1) pour les additions et les soustractions. Un total a été calculé, regroupant les deux sous-épreuves.

Résultats

Nous avons utilisé la corrélation de Bravais-Pearson notée r ainsi que le test t de Student afin de comparer et analyser les données recueillies, avec l'utilisation de p -valeurs pour démontrer l'absence ou la présence d'un effet significatif. Les résultats sont dits significatifs lorsque p est inférieur à .05 et nous avons établi la marginalité à $.05 < p < .099$.

.1. Lien entre les épreuves du PE Rle et du TTR

Dans cette partie, nous allons exposer les résultats obtenus lors de l'analyse des scores des enfants au PE Rle et au TTR.

.1.1. Corrélation des scores totaux

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau 3) présente les scores minimum et maximum aux deux tests, ainsi que la moyenne et l'écart type.

Tableau 3. Scores des tests complets du PE Rle et du TTR.

	Effectif	Score minimum	Score maximum	Moyenne	Écart-type
Total test PE Rle	47	25	59	50.66	6.764
Total test TTR	46	9	41	26.46	8.760

Les résultats des enfants au test de langage écrit semblent être en lien avec les résultats au test de mathématiques. On relève un résultat significatif ($r = .457$; $p = .002$). En effet, les enfants ayant obtenu des résultats plus faibles au test PE Rle présentent également des résultats plus faibles au test TTR, comme le montre la figure ci-dessous (cf. Figure 1).

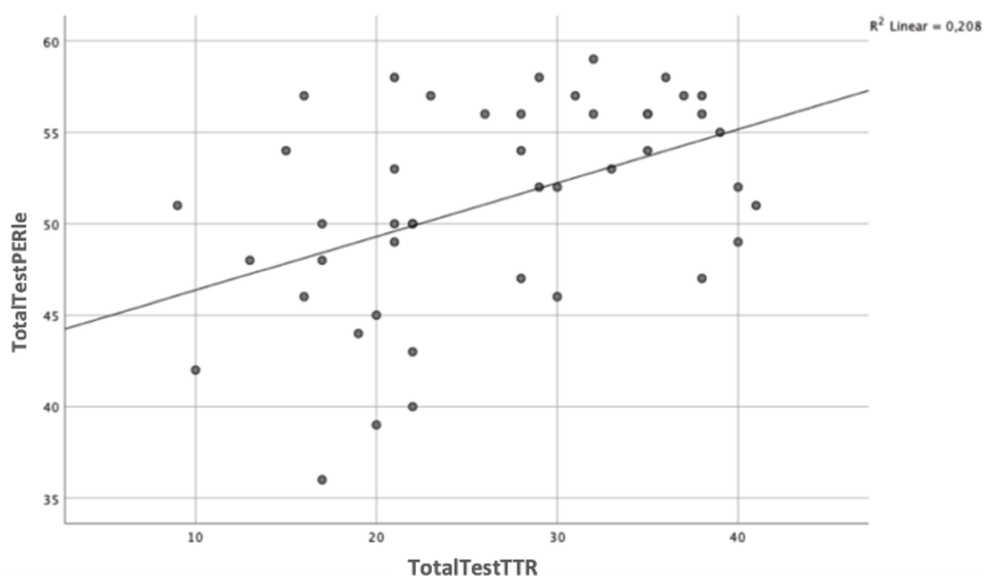


Figure 1. Représentation graphique des résultats au PE Rle et au TTR.

.1.2. Corrélation des scores aux sous-épreuves

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau 4) présente les résultats aux sous-épreuves de lecture du PE Rle et de résolution d'additions du TTR, ainsi que la moyenne obtenue et l'écart-type.

Tableau 4. Scores des sous-épreuves de lecture du PE Rle et de résolution d'additions du TTR.

	Effectif	Score minimum	Score maximum	Moyenne	Écart-Type
Total lecture PE Rle	47	14	24	22.26	2.141
Total addition TTR	46	8	28	16.87	5.149

La corrélation n'est pas significative ($r = .156$; $p = .306$). Il ne semble pas y avoir de lien entre les résultats en lecture et le score à la sous-épreuve des additions. Les enfants ayant eu des résultats plus faibles à la sous-épreuve de lecture n'ont pas révélé avoir des résultats plus faibles dans la rapidité et la justesse de résolution des additions.

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau 5) présente les résultats aux sous-épreuves de lecture du PE Rle et de résolution de soustractions du TTR, ainsi que la moyenne obtenue et l'écart-type.

Tableau 5. Scores des sous-épreuves de lecture du PE Rle et de résolution de soustractions du TTR.

	Effectif	Score minimum	Score maximum	Moyenne	Écart-type
Total lecture PE Rle	47	14	24	22.26	2.141
Total soustraction TTR	46	0	17	9.80	4.759

La corrélation est significative ($r = .399$; $p = .007$). Il semble donc avoir un lien entre les résultats en lecture et les résultats à la sous-épreuve de résolution de soustractions. Les enfants ayant eu des résultats plus faibles à la sous-épreuve de lecture ont également eu des résultats plus faibles dans la rapidité et la justesse de résolution des soustractions.

.2. Analyse des habitudes de jeu et développement des compétences mathématiques

Nous exposons dans cette partie les analyses statistiques concernant l'influence que peuvent avoir les écrans et les jeux de société sur les compétences mathématiques.

.2.1. Écrans et compétences mathématiques

.2.1.1. Impact du type d'écran (interactif versus non interactif) sur les performances en mathématiques

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau 6) présente le nombre d'enfants favorisant les écrans interactifs (tablette/téléphone) et ceux favorisant les écrans non interactifs (télévision), ainsi que le score moyen qu'ils ont obtenu au TTR, et l'écart-type.

Tableau 6. Effectif des enfants en lien avec le choix d'écrans et la performance au TTR.

	Effectif	Moyenne au TTR	Écart-Type
Écran interactif	8	26.13	9.583
Écran non interactif	33	27.33	8.767

L'utilisation préférentielle des écrans interactifs ou des écrans non interactifs ne semble pas avoir d'impact sur les performances au TTR ($t(39) = -.344$; $p = .73$). Effectivement, les enfants privilégiant les écrans interactifs ont obtenu un score moyen au TTR similaire à celui des enfants privilégiant les écrans non interactifs.

.2.1.2. Impact de la fréquence et du temps d'utilisation des écrans interactifs sur les performances en mathématiques

Les figures 2 et 3 montrent respectivement la fréquence d'utilisation des écrans interactifs par les enfants et le temps moyen qu'ils passent dessus.

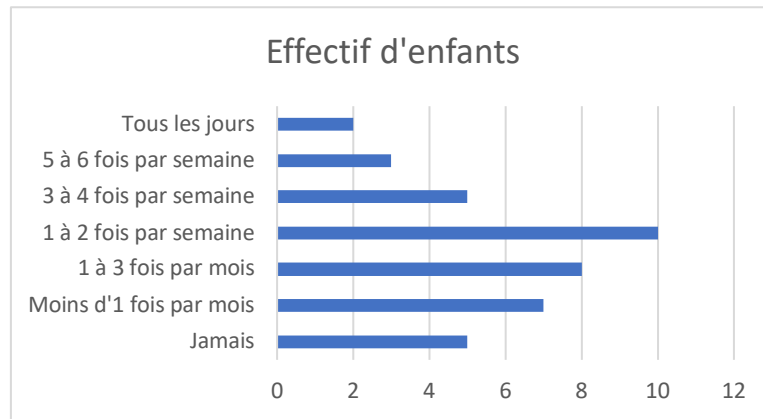


Figure 2. Nombre d'enfants par rapport à la fréquence d'utilisation des écrans interactifs.

Les enfants passent du temps, pour un plus grand nombre d'entre eux, une à deux fois par semaine ou une à trois fois par mois devant les écrans interactifs. Deux d'entre eux y sont exposés tous les jours.

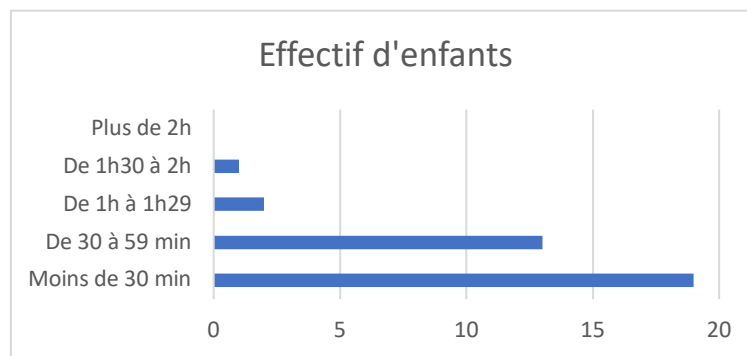


Figure 3. Nombre d'enfants par rapport au temps moyen d'utilisation des écrans interactifs.

La plupart des enfants passent moins de trente minutes par utilisation devant un écran interactif. Ensuite, plus le temps d'utilisation augmente et moins les enfants sont exposés, selon la réponse au questionnaire.

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau 7) présente l'effectif des enfants dont les parents ont répondu à la question sur la fréquence et le temps d'utilisation des écrans interactifs.

Tableau 7. Corrélation entre la fréquence et le temps d'utilisation des écrans, et le score au TTR.

		Fréquence d'utilisation des écrans interactifs	Temps moyen d'utilisation des écrans interactifs
<i>TTR</i>	<i>r</i>	-.039	-.269
	<i>p</i>	.407	.059
	Effectif	40	35

Nous constatons une corrélation négative entre les résultats au TTR et le temps moyen d'utilisation de la tablette/du téléphone ($r = -.269$; $p = .059$). En effet, plus le temps moyen d'utilisation des écrans interactifs augmente, plus le score au TTR semble chuter, comme le montre la figure ci-dessous (cf. Figure 4). Toutefois, notons que cette corrélation reste marginale.

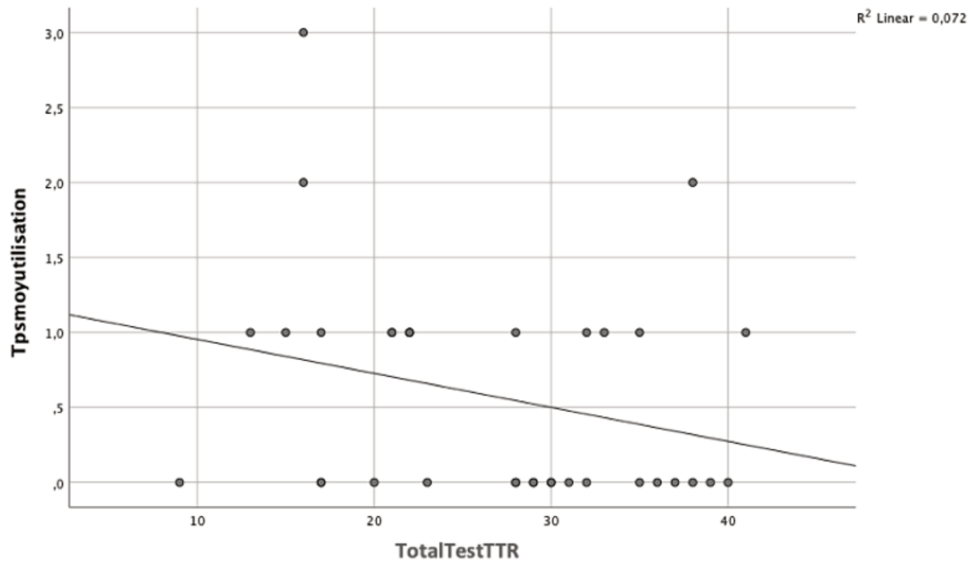


Figure 4. Représentation graphique du temps d'utilisation en lien avec le score au TTR.

.2.2. Jeux de société et compétences mathématiques

.2.2.1. Impact de la fréquence et du temps d'utilisation des jeux de société sur les performances en mathématiques

Les figures 5 et 6 montrent respectivement la fréquence d'utilisation des jeux de société des enfants et le temps qu'ils passent à y jouer.

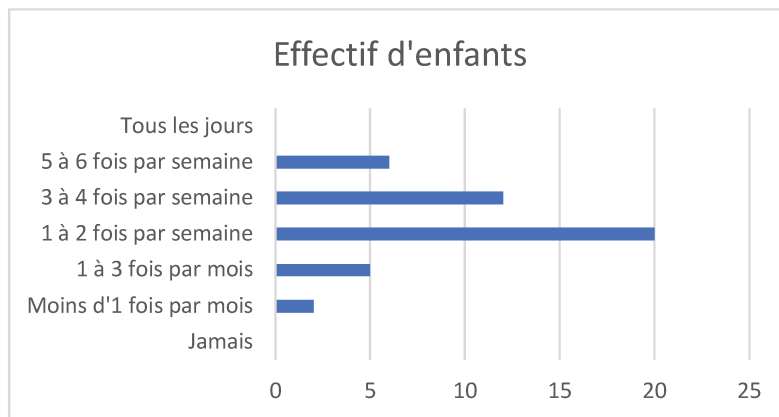


Figure 5. Nombre d'enfants par rapport à la fréquence d'utilisation des jeux de société.

Tous les enfants jouent aux jeux de société et la plupart d'entre eux y jouent une à deux fois par semaine.

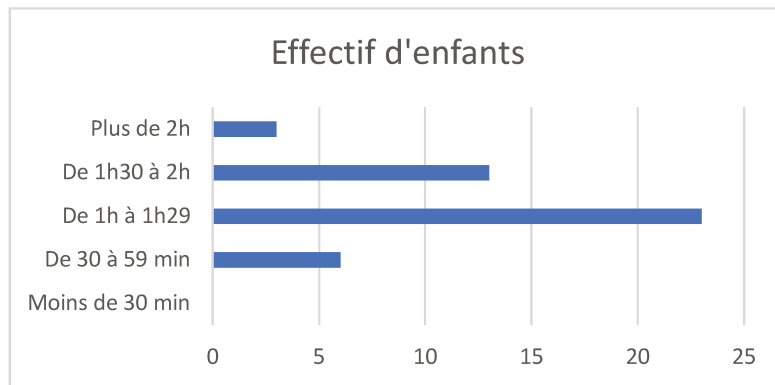


Figure 6. Nombre d'enfants par rapport au temps d'utilisation des jeux de société.

Les enfants jouent, pour une grande majorité d'entre eux, de 1h à 1h29 aux jeux de société. Aucun enfant n'y joue moins de trente minutes à chaque utilisation.

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau 8) présente l'effectif des enfants dont les parents ont rempli le questionnaire sur la fréquence et l'utilisation des jeux de société.

Tableau 8. Corrélation entre le temps et la fréquence d'utilisation des jeux de société, et le score au TTR.

<i>TTR</i>	Fréquence d'utilisation des jeux de société		Temps moyen d'utilisation des jeux de société	
	<i>r</i>	<i>p</i>	Effectif	Effectif
	.198	.098	44	44

Nous constatons, concernant la fréquence d'utilisation des jeux de société et les résultats au TTR, une corrélation positive, mais elle est marginale ($r = .198$; $p = .098$). Nous pouvons tout de même souligner le fait que plus la fréquence d'utilisation des jeux de société augmente et plus les résultats au TTR semblent augmenter, comme le montre la figure ci-dessous (cf. Figure 3).

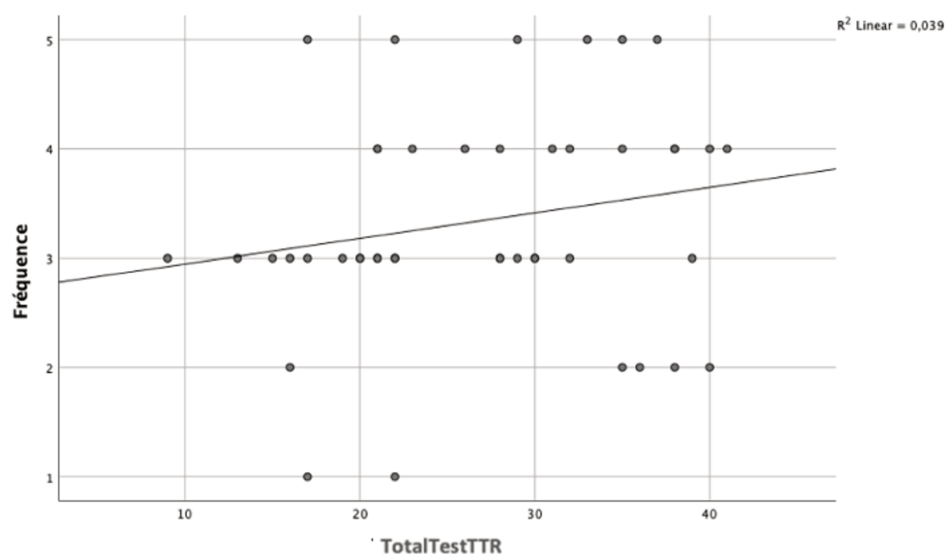


Figure 3. Représentation graphique de la fréquence d'utilisation en lien avec le score au TTR.

.2.3. Comparaison entre écrans interactifs et jeux de société, et compétences mathématiques

Le tableau ci-dessous (cf. Tableau 9) présente le nombre d'enfants favorisant les écrans interactifs et ceux favorisant les jeux de société, ainsi que le score moyen qu'ils ont obtenu au TTR et l'écart-type.

Tableau 9. Effectif d'enfants en lien avec le jeu préférentiel et le score au TTR.

	Effectif	Moyenne au TTR	Écart-type
Écrans interactifs	9	25.44	9.787
Jeux de société	33	27.58	8.504

L'utilisation préférentielle des écrans interactifs ou des jeux de société ne semble pas avoir d'impact sur les performances au TTR ($t(39) = -.646 ; p = .52$). Effectivement, les enfants privilégiant les écrans interactifs ont obtenu un score moyen au TTR similaire aux enfants privilégiant les jeux de société.

Discussion

Les résultats exposés ci-dessus sont argumentés dans cette partie. Nous faisons également une critique de la méthodologie de l'étude et nous discutons d'une suite du projet.

.1. Rappel des objectifs du mémoire

Le premier objectif de la présente étude était d'observer et d'évaluer le lien entre les compétences en langage écrit et les compétences en mathématiques. En effet, nous souhaitions observer une corrélation entre les épreuves du PE Rle et du TTR.

Le deuxième objectif était de comparer les performances des enfants en mathématiques selon leurs activités préférentielles réalisées à la maison (écrans et jeux de société). Nous avons prédit de meilleures performances mathématiques pour les enfants qui jouent aux jeux de société en comparaison à ceux qui n'y jouent pas. Par ailleurs, nous cherchions à savoir si les enfants passant plus de temps devant les écrans interactifs auraient des performances plus faibles ou non, en comparaison à ceux les regardant très peu. Il en est de même pour la comparaison entre les écrans non interactifs et les écrans interactifs, où nous avons cherché à savoir si une exposition préférentielle à l'un des deux serait plus délétère sur les résultats au TTR.

.2. Discussion des résultats

.2.1. Rappel des résultats obtenus et validation de la première hypothèse

Il nous a semblé important de comprendre quel peut être le lien entre les différents apprentissages scolaires, et notamment l'influence des compétences en langage écrit sur les habiletés mathématiques. Les résultats obtenus aux épreuves du PE Rle et du TTR ont permis de mettre en lumière une corrélation où plus le score total au PE Rle est faible et plus le score total au TTR est faible. L'hypothèse portant sur les tests complets semble donc validée, ce qui correspond à la

littérature scientifique.

Nous nous sommes ensuite intéressés plus précisément au lien entre la sous-épreuve de lecture du PE Rle et les sous-épreuves du TTR. Nous avons souhaité analyser une corrélation entre les compétences en lecture et la résolution des deux opérations, additions et soustractions. Nous pensions, du fait de l'activation des zones du langage en lien avec la récupération des faits arithmétiques lors de la résolution d'additions simples, que nous observerions une corrélation significative entre le score en résolution d'additions et le score en lecture. Autrement dit, plus le score en lecture serait faible et plus le score en résolution d'additions serait faible. Or, cette hypothèse n'a pas été vérifiée, les résultats ne montrant pas de corrélation.

A contrario, nous pensions que, du fait de la plus grande complexité dans la résolution des soustractions faisant davantage appel aux procédures quantitatives et moins à la récupération en mémoire, il n'y aurait pas de corrélation avec les habiletés de lecture. Or, les résultats obtenus sont significativement corrélés.

Ces résultats contradictoires à nos hypothèses de départ peuvent s'expliquer par de possibles compétences en mémoire de travail moins optimales, celles-ci n'ayant pas été contrôlées lors des évaluations. Or, la mémoire de travail entre en jeu dans de nombreux domaines numériques, et notamment pour le calcul mental (Gavens & Camos, 2006). En effet, des erreurs de comptage, d'ailleurs souvent retrouvées dans les évaluations des enfants, sont fréquentes (Geary & al., 2004) lorsque la mémoire de travail est altérée. En plus, la situation d'évaluation dans laquelle se sont retrouvés les enfants a pu engendrer une moins bonne aptitude à maintenir leur attention sur la tâche de calculs, notamment à cause d'une plus forte anxiété liée aux mathématiques (Ashcraft, 2002), d'ailleurs exprimée par certains enfants. Cela a pu ainsi influencer les résultats.

.2.2. Rappel des résultats obtenus et validation de la deuxième hypothèse

.2.2.1. Les écrans

Nous n'avons observé aucune différence entre les performances au TTR des enfants utilisant davantage les écrans interactifs (tablette/téléphone) et ceux préférant les écrans non interactifs (télévision). Toutefois, nous n'avons seulement que 8 enfants qui privilégiaient les écrans interactifs contre 33 enfants qui privilégiaient les écrans non interactifs. Cet échantillon d'enfants est donc peu représentatif, ce qui peut expliquer l'absence de résultats significatifs. Mais, selon Desmurget (2019), les écrans interactifs ne sont pas moins néfastes que les écrans non interactifs. Aussi, ce serait cohérent avec les résultats que nous avons obtenus, où les écrans interactifs n'apporteraient pas d'amélioration.

Concernant le temps d'utilisation des écrans interactifs, la corrélation avec le score au TTR n'est pas significative. Le résultat est marginal. Nous notons quand même une corrélation négative pour le temps moyen d'utilisation, signifiant que plus les enfants passent du temps devant les écrans, à chaque utilisation, et plus le score au TTR semble diminuer.

Comme explicité précédemment, les écrans interactifs, lorsqu'ils sont utilisés à bon escient, sont un support permettant de développer de multiples compétences, et notamment celles des mathématiques. Or, ici nous ne constatons pas d'effet bénéfique. Nous pouvons donc nous demander si les applications auxquelles jouent les enfants sur tablette ont un rôle dans le développement des habiletés mathématiques. En effet, nous n'avons pas regardé à quoi s'intéressaient plus particulièrement les enfants (ex. jeux de constructions, jeux de réflexion, visionnage de vidéo, etc.). Certaines applications sont donc plus stimulantes que d'autres. Nous savons d'ailleurs que les enfants

visionnent le plus souvent des dessins animés et des clips vidéo sur la tablette tactile, celle-ci ayant alors la même fonction qu'un écran non interactif (Kabali et al., 2015). Un écran alors utilisé de manière dite « passive » est néfaste pour le développement cognitif, ce qui expliquerait la corrélation négative. Une analyse des activités réalisées sur ces écrans pourrait être intéressante. Une fois de plus, nous soulignons le fait que l'échantillon d'enfants est peu représentatif de la population générale.

.2.2.2. Les jeux de société

Nous n'avons pas noté de corrélation entre le temps moyen d'utilisation des jeux de société et les résultats au TTR. Néanmoins, concernant la fréquence d'utilisation des jeux de société sur les performances en mathématiques, nous notons une corrélation positive. Par contre, elle est non significative, étant donné le résultat marginal obtenu. Cela signifie tout de même que le fait de jouer fréquemment aux jeux de société apporte un bénéfice dans le développement des compétences mathématiques. Nous pensons que nous obtiendrions des résultats nettement significatifs si l'échantillon d'enfants était plus grand, et donc plus représentatif.

Enfin, nous avons souhaité savoir si, dans notre échantillon d'enfants, une différence de résultats au TTR apparaissait entre ceux qui privilégiaient les écrans interactifs et ceux qui privilégiaient les jeux de société. Suite aux résultats statistiques, nous n'observons aucun impact sur les scores au TTR pour l'un ou l'autre des deux groupes. Comme souligné par Wolfgang et al. (2001), il est quand même préférable, pour développer les compétences mathématiques, de favoriser les jeux à manipuler, au lieu de passer du temps devant les écrans. Encore une fois, l'effectif d'enfants favorisant les écrans interactifs n'est que de 9 en comparaison à l'effectif d'enfants préférant les jeux de société, trop faible pour obtenir un résultat réellement significatif.

Les hypothèses ne sont donc que partiellement validées.

.3. Critique méthodologique et difficultés rencontrées

Nous avons identifié plusieurs limites et plusieurs biais à cette étude. Tout d'abord, les questionnaires remplis par les parents restent subjectifs. Il se peut que certaines réponses aient été erronées. Si les parents ont connaissance de l'effet délétère des écrans, ils ont pu sous-estimer le temps ou la fréquence de leur utilisation par leur enfant, et au contraire augmenter le temps ou la fréquence d'utilisation d'autres activités souvent considérées comme étant meilleures pour le développement de l'enfant. Par ailleurs, certains questionnaires n'ont pas été remplis correctement et présentaient des incohérences dans les réponses.

Au sujet de la date de passation des épreuves, celles-ci devaient se dérouler avant fin octobre 2020. Or, étant donné les difficultés pour trouver des écoles prêtes à nous accueillir à cause des conditions sanitaires actuelles (pandémie de COVID-19), et faute de disponibilité des établissements et/ou des étudiants, les passations ont été retardées. Elles se sont déroulées entre septembre 2020 et janvier 2021.

Ensuite, les conditions de passation n'ont pas été les mêmes pour les trois écoles. Nous n'avons pas toujours la possibilité d'avoir une salle au calme de disponible. À cela s'ajoutent les bavardages des élèves entre eux. Ils ont parfois communiqué leurs réponses à voix haute, influençant ainsi leurs camarades. Il aurait peut-être été préférable de faire passer toutes les épreuves individuellement pour une plus grande justesse des réponses.

De plus, un léger biais a été mis en évidence lors de la passation des épreuves du TTR.

Effectivement, certains élèves, malgré de nombreux rappels de notre part, n'ont pas respecté l'ordre de remplissage des calculs. Ils ont rempli non pas par bloc de cinq opérations mais par colonne. Ces élèves ont donc résolu plus de calculs complexes et ne pouvaient plus faire appel aux faits arithmétiques. Or, l'épreuve était faite pour résoudre les calculs par ordre croissant de complexité.

Mais encore, l'échantillon pour cette étude se composant de 48 enfants, il reste faible donc peu représentatif de la population, ce qui peut expliquer en partie que les résultats ne sont pas significatifs.

Enfin, de nombreuses autres variables ont pu entrer en compte et n'ont pas pu être contrôlées, et notamment la motivation des élèves ainsi que les difficultés attentionnelles, et la mémoire de travail.

.4. Retour sur les échanges avec les enseignants et intérêt de ce mémoire

Les enseignants rencontrés au cours des interventions dans leurs classes ont souvent déploré le manque de moyens objectifs et rapides pour identifier les enfants en difficultés. Et pourtant ils notent un accroissement des demandes de bilan orthophonique dans les domaines du langage écrit et des mathématiques. Certains de leurs élèves sont parfois tardivement repérés comme étant en difficulté et laissés « à l'abandon ». Ainsi, les outils qui ont été utilisés pour analyser le niveau des enfants, pourraient apporter aux acteurs de l'Éducation Nationale davantage de moyens pour orienter leurs élèves vers des professionnels en charge de dépister et de diagnostiquer des troubles. Ils sont très demandeurs de ces outils.

Par ailleurs, le personnel du milieu de l'enseignement, lors de nos échanges, a souvent souligné son intérêt pour la prise de conscience de l'importance des activités réalisées au domicile. De nombreux enseignants tentent de promouvoir les raisons de la limitation des écrans pour un bon développement, et la favorisation des activités en lien avec les interactions avec autrui. Toutefois, ils ont plutôt en tête le lien avec les habiletés langagières et moins avec les habiletés mathématiques. Ce mémoire pourrait donc apporter des précisions quant à l'influence des différentes activités sur les compétences en mathématiques, et appuyer leurs propos envers les parents.

La réalisation de ce travail nous a permis d'avoir une meilleure sensibilisation à la fois sur la prévention et le repérage des difficultés des enfants, mais aussi sur l'effet que peuvent avoir les activités intra-familiales dans l'acquisition des compétences scolaires. D'après les résultats de notre travail, plus les enfants sont exposés aux jeux de société et plus ils semblent apporter des bénéfices dans le domaine des mathématiques. Au contraire, plus les enfants sont exposés aux écrans, et plus les performances semblent être faibles en mathématiques. Les compétences numériques précoces, qui sont importantes pour le développement des compétences mathématiques futures pendant l'école élémentaire, semblent en effet altérées lors d'une exposition fréquente à la tablette tactile (Duncan et al., 2007). D'où l'importance de continuer les campagnes de prévention auprès des enseignants mais surtout des parents, au sujet des effets néfastes des écrans et des bénéfices des jeux à manipuler, vecteurs d'interaction. D'autant plus lorsque nous constatons, dans notre échantillon, que certains enfants sont exposés aux écrans pendant plus de deux heures à chaque utilisation. Les recommandations de l'Académie des sciences (2013) ne sont donc pas toujours respectées.

De surcroît, ce travail met en lumière l'importance de la collaboration entre les orthophonistes et les enseignants. Ils font partie, tous les deux, de ceux étant fréquemment en contact avec les enfants

et de ceux pouvant échanger facilement et régulièrement avec les parents. Ce sont des professionnels qui doivent être amenés à collaborer et à réfléchir ensemble dans le cadre d'une école inclusive, pour prévenir et accompagner de la meilleure façon qui soit les enfants en difficulté. C'est en coopérant que toute prise en charge pourra être cohérente.

Enfin, ce travail permet d'appuyer sur l'importance d'avoir en tête qu'une difficulté dans les apprentissages scolaires n'est pas toujours isolée. Les comorbidités sont fréquentes et doivent être prises en compte dans le repérage des difficultés.

.5. Suite du projet

Comme dit précédemment, notre échantillon d'enfants pour cette étude n'est pas suffisant. Il manque de représentativité. Il serait donc pertinent de poursuivre cette étude avec un plus grand effectif d'enfants, ce qui permettrait de faire ressortir des résultats significatifs, qui sont pour le moment à la limite de la significativité. Idéalement, la prochaine étude devrait prendre en compte les critiques et biais méthodologiques de la présente étude.

Il serait également intéressant, pour une autre perspective, de faire une analyse des types de jeux ou de ce qui est visionné par les enfants sur la tablette tactile afin de mettre en avant ce qui est néfaste et ce qui est bénéfique pour les habiletés cognitives.

Conclusion

Ce travail rentre dans le cadre de la prévention et du repérage des difficultés des enfants dans les différents domaines d'apprentissage, qui doivent être maîtrisés pour une bonne évolution dans la société. À travers ce mémoire, nous voulions soutenir et compléter les données de la littérature par la mise en évidence de liens développementaux concernant les apprentissages en langage écrit et en cognition mathématique au CE1. Effectivement, les comorbidités dans les difficultés d'apprentissage sont fréquentes. Par ailleurs, nous souhaitons également établir un lien avec les habitudes de jeux extrascolaires des enfants, car elles peuvent offrir différentes stimulations cognitives, et notamment en mathématiques. En effet, plusieurs études ont montré un effet positif de l'utilisation de jeux de société dans le développement des performances mathématiques. Au contraire, nous retrouvons pour les écrans dits « passifs » une influence néfaste autant sur les habitudes de vie (sommeil, dépenses physiques, etc.) que sur les apprentissages. Toutefois, les études étaient moins nombreuses au sujet du rôle des tablettes tactiles dans les compétences mathématiques.

Pour ce faire, nous avons recensé, auprès de 48 enfants scolarisés en classe de CE1, les habitudes de jeux à la maison via un questionnaire parental (classement des activités, fréquence et temps d'utilisation des écrans et des jeux de société). De plus, ces mêmes enfants ont passé deux tests : le PE Rle permettant d'évaluer les compétences en langage écrit ; le TTR permettant d'évaluer les compétences en mathématiques. Les passations se sont déroulées au sein même des écoles entre septembre 2020 et janvier 2021, soit collectivement soit individuellement selon le type d'épreuve. Nous avons ensuite noté toutes les réponses au questionnaire et aux tests dans un tableur afin d'obtenir des résultats statistiques.

D'une part, d'après les résultats obtenus, les enfants ont vu leurs performances en mathématiques diminuer quand ils étaient moins performants au test de langage écrit. D'autre part, au contraire de nos hypothèses de départ, une corrélation a été mise en évidence entre la sous-épreuve de lecture et celle de résolution de soustractions, mais aucun lien avec la résolution d'additions.

Ensuite, plus les enfants consacraient du temps pour jouer aux jeux de société, et plus ils semblaient être performants dans l'épreuve de mathématiques. À l'inverse, plus ils passaient du temps devant les écrans interactifs, et plus leurs performances semblaient baisser. Même si les résultats étaient marginaux, une tendance s'est quand même dégagée des analyses statistiques. Nous n'avons pas observé de différence sur les performances en mathématiques entre les enfants favorisant les jeux de société et ceux favorisant les écrans interactifs.

Afin de faire suite au projet et de confirmer les tendances observées, l'étude pourrait être reproduite en augmentant l'effectif d'enfants, qui était ici peu représentatif. Enfin, si nous avons constaté une tendance négative de l'utilisation de la tablette tactile sur les mathématiques au CE1, il pourrait être pertinent d'étudier l'influence des différentes applications, indépendamment les unes des autres, utilisées par les enfants sur les performances intellectuelles.

Bibliographie

- Abedi, J., & Lord, C. (2001). The Language Factor in Mathematics Tests. *Applied Measurement in Education, 14*(3), 219-234. doi: 10.1207/S15324818AME1403_2
- Ansari, D., Garcia, N., Lucas, E., Hamon, K., & Dhital, B. (2005) Neural correlates of symbolic number processing in children and adults. *Neuroreport, 16*, 1769–1773. doi: 10.1097/01.wnr.0000183905.23396.fl
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current directions in psychological science, 11*(5), 181-185. doi: 10.1111/1467-8721.00196
- Assathiany, R., Guery, E., Caron, F. M., Cheymol, J., Picherot, G., Foucaud, P., & Gelbert, N. (2018). Children and screens: A survey by French pediatricians. *Archives de Pédiatrie, 25*(2), 84-88. doi: 10.1016/j.arcped.2017.11.001
- Auxis, M., & Pialoux, C. (2014). *Finalisation de validation d'un test de repérage des troubles du langage écrit en début de CE2 et d'une fiche de liaison concernant la lecture*. [Mémoire d'orthophonie, Université Lille].
- Bach, J.-F., Oudé, O., Léna, P., & Tisseron, S. (2013). L'enfant et les écrans. Repéré à <https://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/avis0113.pdf>
- Bachot, J., Gevers, W., Fias, W., & Roeyers, H. (2005). Number sense in children with visuospatial disabilities: orientation of the mental number line. *Psychology Science, 47*(1), 172-183.
- Barnes, M. A., Raghubar, K. P., English, L., Williams, J. M., Taylor, H., & Landry, S. (2014). Longitudinal mediators of achievement in mathematics and reading in typical and atypical development. *Journal of Experimental Child Psychology, 119*, 1–16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.09.006>
- Berthomier, N., & Octobre, S. (2019). Enfant et écrans de 0 à 2 ans à travers le suivi de cohorte Elfe. *Culture études, 1*(1), 1-32.
- Benavides-Varela, S., Butterworth, B., Burgio, F., Arcara, G., Lucangeli, D., & Semenza, C. (2016). Numerical Activities and Information Learned at Home Link to the Exact Numeracy Skills in 5–6 Years-Old Children. *Frontiers in Psychology, 7*(94), 1-11. doi:10.3389/fpsyg.2016.00094
- Berch, D. B., Foley, Hill, R. J., & Ryan, P. (1999). Extracting Parity and Magnitude from Arabic Numerals: Developmental Changes in Number Processing and Mental Representation. *J Exp Child Psychol, 74*(4), 286–308. doi:10.1006/jecp.1999.2518
- Bertrand, R., & Camos, V. (2011). Impact des troubles langagiers et visuo-moteurs sur les capacités numériques : Emergence de patterns distincts au TEDI-MATH. *Développements, 1*(7), 5-18.
- Blair C., & Razza R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief

understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663. doi: 10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x

- Blevins-Knabe, B., & Musun-Miller, L. (1996). Number use at home by children and their parents and its relationship to early mathematical performance. *Early Development and Parenting*, 5(1), 35–45. doi:10.1002/(sici)1099-0917(199603)5:1<35::aid-edp113>3.0.co;2-0
- Boutin, D., & Quillien, A.-L. (2012). *Test de repérage des troubles du langage écrit en début de CE2 : Poursuite de l'élaboration d'un test d'orthographe et d'une fiche de liaison concernant la lecture*. [Mémoire d'orthophonie, Université Lille].
- Brin-Henry, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2011). *Dictionnaire d'orthophonie, troisième édition*. Ortho Edition.
- Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. *Handbook of mathematical cognition, New York and Hove : Psychology Press*, 455–467. Repéré à <https://www.mathematicalbrain.com/pdf/HMC26.PDF>
- Cain, K., Oakhill, J., & Bryant, P. (2004). Children's Reading Comprehension Ability: Concurrent Prediction by Working Memory, Verbal Ability, and Component Skills. *Journal of Educational Psychology*, 96(1), 31–42. doi:10.1037/0022-0663.96.1.31
- Caldas-Osvald, A., & Negaret, B. (2012). *Finalisation d'un outil de repérage des troubles du langage écrit en début de CE1 à l'intention des enseignants. Dernière partie de la validation externe de l'outil*. [Mémoire d'orthophonie, Université Lille].
- Cantlon, J. F., Brannon, E. M., Carter, E. J., & Pelphrey, K. A. (2006). Functional Imaging of Numerical Processing in Adults and 4-y-Old Children. *PLoS Biology*, 4(5), e125. doi:10.1371/journal.pbio.0040125
- Centre pour la Recherche et l'Innovation dans l'Enseignement (CRIE), *Comprendre le cerveau : naissance d'une science de l'apprentissage* (OCDE, 2007), p. 110.
- Christakis D. A., Zimmerman F. J., DiGiuseppe D. L., & McCarty C. A. (2004). Early television exposure and subsequent attentional problems in children. *Pediatrics*, 113(4), 708-713. doi: 10.1542/peds.113.4.708
- Chu, F. W., VanMarle, K., & Geary, D. C. (2015). Early numerical foundations of young children's mathematical development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 132, 205-212. doi: 10.1016/j.jecp.2015.01.006
- Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). The numerical attribute of stimuli. In H. L. Roitblat, T. G. Bever & H. S. Terrace (Eds.), *Animal Cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 445-464.
- 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.

doi: 10.1016/j.jecp.2017.09.006

- Cross, A. M., Joanisse, M. F., & Archibald, L. M. D. (2019). Mathematical Abilities in Children With Developmental Language Disorder. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 50(1), 150-163. doi: 10.1044/2018_LSHSS-18-0041
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371–396. doi:10.1037/0096-3445.122.3.371
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1(1), 83-120.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 254–262. doi: 10.1016/j.tics.2011.04.003
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3-6), 487-506. doi:10.1080/02643290244000239
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of Mathematical Thinking: Behavioral and Brain-Imaging Evidence. *Science*, 284(5416), 970–974. doi:10.1126/science.284.5416.970
- Dennison, B. A., Erb, T. A., & Jenkins, P. L. (2002). Television viewing and television in bedroom associated with overweight risk among low-income preschool children. *Pediatrics*, 109(6), 1028–1035. doi:10.1542/peds.109.6.1028
- Deprey A. & Renard C. (2007), *Mise en place d'un repérage des troubles d'apprentissage du langage écrit chez des enfants de début CE1 scolarisés en ZUS*. [Mémoire d'orthophonie, Université Lille].
- De Vos, T. (1992). *Tempo - Test - Rekenen TTR: test voor het vaststellen van het rekenvaardigheidsniveau van de elementaire bewerkingen (automatisering) voor het basis- en voortgezet onderwijs*, Amsterdam : Pearson Education.
- Dirks, E., Spyer, G., van Lieshout, E. C. D. M., & De Sonneville, L. (2008). Prevalence of Combined Reading and Arithmetic Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 41(5), 460–473. doi:10.1177/0022219408321128
- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L., & Ansari, D. (2010). How is phonological processing related to individual differences in children's arithmetic skills? *Developmental Science*, 13(3), 508–520. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00897.x>

- Desmurget, M. (2019). *La fabrique du crétin digital : Les dangers des écrans pour nos enfants*. Editions du Seuil. Paris, France.
- Dondin, A., & Mastrototaro, A. (2009). *Outil de repérage des troubles du langage écrit en début de CE1 créé par A. Deprey et C. Renard : étalonnage en zones rurale, urbaine et urbaine sensible en vue d'une utilisation indépendante de la zone géographique de la scolarisation*. [Mémoire d'orthophonie, Université Lille].
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446. doi: 10.1037/0012-1649.43.6.1428
- Dutil C., Walsh, J. J., Featherstone, R. B., Gunnell, K. E., Tremblay, M. S., Gruber, R., Weiss, S. K., Cote, K. A., Sampson, R., & Chaput, J. P. (2018). Influence of sleep on developing brain functions and structures in children and adolescents: A systematic review. *Sleep Medicine Reviews*, 42, 184-201. doi: 10.1016/j.smrv.2018.08.003
- Duvilié R. (2004). *Petit dyslexique deviendra grand. Comprendre et accompagner les enfants dyslexiques*. Villeneuve-d'ascq : Marabout.
- Eduscol. (2020). *Utiliser les évaluations au CE1 pour faire progresser les élèves*. Repéré à <https://eduscol.education.fr/2298/utiliser-les-evaluations-au-ce1-pour-faire-progresser-les-eleves>
- Evans, T. M., Flowers, D. L., Luetje, M. M., Napoliello, E. E., & Guinevere F. (2016). Functional Anatomy of Arithmetic and Word Reading and its Relationship to Age. *NeuroImage*, 143, 304-315. doi:10.1016/j.neuroimage.2016.08.048
- Fayol, M. (2012). *L'acquisition du nombre*. Presses universitaires de France. Repéré à <https://www-cairn-info.ressources-electroniques.univ-lille.fr/l-acquisition-du-nombre--9782130585084.htm>
- Flahaut, C., & Hermant, M. (2011). *Première partie de la validation externe d'un outil de repérage des troubles du langage écrit en début de CE1*. [Mémoire d'orthophonie, Université Lille].
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Fuchs, D., Compton, D. L., & Hamlett, C. L. (2015). Pathways to Third-Grade Calculation Versus Word-Reading Competence: Are They More Alike or Different ? *Child Development*, 87(2), 558–567. doi:10.1111/cdev.12474
- Gaillard, F., & Braga, L. W. (2000). Nombre et calcul dans la dysphasie développementale. *Société de Neuropsychologie de Langue française, journée de printemps*. Neuchâtel. Repéré à https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_21927.P001/REF
- Gavens, N., & Camos, V. (2006). La mémoire de travail : une place centrale dans les apprentissages scolaires fondamentaux. *Apprentissages et enseignement : Sciences cognitives et éducation*, 91-106.

- Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood : The development of numerical abilities. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9(2), 11-16. doi:10.1007/s007870070004
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of experimental child psychology*, 88(2), 121- 151. doi: 10.1016/j.jecp.2004.03.002
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child development*, 78(4), 1343-1359. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x
- Gelman, R. (2004). Language and the Origin of Numerical Concepts. *Science*, 306(5695), 441–443. doi:10.1126/science.1105144
- Gilmary, S. (1967). Transfer effects of reading remediation to arithmetic computation when intelligence is controlled and all other school factors are eliminated. *Arithmetic Teacher*, 14, 17–20.
- Ginsburg, K. R. (2007). The Importance of Play in Promoting Healthy Child Development and Maintaining Strong Parent-Child Bonds. *PEDIATRICS*, 119(1), 182–191. doi:10.1542/peds.2006-2697
- Ginsburg, H. P., Greenes, C., & Balfanz, R. (2003). *Big Math for Little Kids*. Parsippany, NJ: Dale Seymour Publications.
- Glezer, L. S., Jiang, X., & Riesenhuber, M. (2009). Evidence for highly selective neuronal tuning to whole words in the “visual word form area.” *Neuron*, 62, 199–204. doi: 10.1016/j.neuron.2009.03.017
- Gordon, P. (2004). Numerical Cognition Without Words: Evidence from Amazonia. *Science*, 306(5695), 496–499. doi:10.1126/science.1094492
- Greenes, C., Ginsburg, H. P., & Balfanz, R. (2004). Big Math for Little Kids. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 159–166. doi:10.1016/j.ecresq.2004.01.010
- Grimm, K. J. (2008). Longitudinal Associations Between Reading and Mathematics Achievement. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 410–426. doi:10.1080/87565640801982486
- Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). *developmental dyscalculia: prevalence and demographic features*, 38(1), 25–33. doi:10.1111/j.1469-8749.1996.tb15029.x
- Hassinger-Das, B., Zosh, J. M., Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. (2018). Jouer pour apprendre les mathématiques. *Encyclopédie sur le développement des jeunes enfants*. Repéré à <https://www.enfant-encyclopedie.com/sites/default/files/textes-experts/fr/4997/jouer-pour-apprendre-les-mathematiques.pdf>

- Haute Autorité de Santé. (2017). *Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages?* (2017). Repéré à https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-01/synthese_troubles_dys_v4.pdf
- Hauser, M.-D., MacNeilage, P., & Ware, M. (1996). Numerical representations in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(4), 1514-1517. doi:10.1073/pnas.93.4.1514
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: a longitudinal study from second to fifth grades. *J Exp Child Psychol*, 79(2), 192–227. doi: 10.1006/jecp.2000.2586.
- Hulme, C., & Snowling, M. J. (2013). The interface between spoken and written language: developmental disorders. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369 (1634), 20120395–20120395. doi:10.1098/rstb.2012.0395. doi:10.1098/rstb.2012.0395
- Isaacs, P. D. (2011). The power of play. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 47(11), 761–762. doi:10.1111/j.1440-1754.2011.02381.x
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382–10385. doi:10.1073/pnas.0812142106
- Jordan, N. C., Hanich, L. B., & Kaplan, D. (2003). A Longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. *Child development*, 74(3), 834–850. doi:10.1111/1467-8624.00571
- Kabali, H. K., Irigoyen, M. M., Nunez-Davis, R., Budacki, J. G., Mohanty, S. H., Leister, K. P., & Bonner, R. L. (2015). Exposure and Use of Mobile Media Devices by Young Children. *PEDIATRICS*, 136(6), 1044–1050. doi:10.1542/peds.2015-2151
- Kaufmann, L., Wood, G., Rubinsten, O., & Henik, A. (2011). Meta-analyses of developmental fMRI studies investigating typical and atypical trajectories of number processing and calculation. *Developmental Neuropsychology*, 36(6), 763–787. doi:10.1080/87565641.2010.549884
- 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>
- Kostyrka-Allchorne, K., Cooper, N. R., & Simpson, A. (2017). The relationship between television exposure and children's cognition and behaviour: A systematic review. *Developmental Review*, 44, 19–58. doi:10.1016/j.dr.2016.12.002

- Kucian, K., Von Aster, M., Loenneker, T., Dietrich, T., & Martin, E. (2008). Development of Neural Networks for Exact and Approximate Calculation: A fMRI Study. *Developmental Neuropsychology*, 33(4), 447–473. doi:10.1080/87565640802101474
- Laski, E. V., & Siegler, R. S. (2014). Learning from number board games: You learn what you encode. *Developmental Psychology*, 50(3), 853–864. doi:10.1037/a0034321
- LeFevre, J.-A., DeStefano, D., Coleman, B., & Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and working memory. *Handbook of mathematical cognition*, 361–377.
- LeFevre, J.-A., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Kamawar, D., & Bisanz, J. (2009). Home Numeracy Experiences and Children’s Math Performance in the Early School Years. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 41(2), 55-66. doi:10.1037/a0014532
- Maloney, E. A., & Beilock, S. L. (2012). Math anxiety: Who has it, why it develops, and how to guard against it. *Trends in cognitive sciences*, 16(8), 404-406. doi: 10.1016/j.tics.2012.06.008
- Mann Koepke, K., & Miller, B. (2013). At the Intersection of Math and Reading Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 46(6), 483–489. doi:10.1177/0022219413498200
- Mayeux-Derville, M. (2019). *La durée moyenne d’usage des écrans chez les enfants de moins de 6 ans : revue systématique de littérature*. [Thèse de doctorat, Université Lille] Repéré à <https://pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/fl6fb598-6e97-4208-bc51-962a375213c6>
- Martinez, C. (2013). *L’intérêt d’une prise en charge de groupe d’adolescents dyslexiques-dysorthographiques : Impact sur l’estime de soi, la motivation scolaire et orthophonique, l’appétence au langage écrit et la connaissance de son trouble* [Mémoire d’orthophonie, Université de Lorraine]. Repéré à http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUMED_MORT_2013_MARTINEZ_CLOE.pdf
- McCandliss, B.D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). The visual word form area: expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 293–299. doi: 10.1016/s1364-6613(03)00134-7
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S.-A. H., and Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: a meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138(2), 322–352. doi:10.1037/a0026744.
- Miller, K. F., Smith, C. M., Zhu, J. & Zhang, H. (1995). Preschool Origins of Cross-National Differences in Mathematical Competence: The Role of Number-Naming Systems. *Psychological Science*, 6(1), 56-60. doi:10.1111/j.1467-9280.1995.tb00305.x
- Mohamed, L. (2019). *Développement des prérequis mathématiques en maternelle : Analyse des effets des différents supports (jeux de plateau et tablettes) sur les compétences mathématiques*. [Mémoire d’orthophonie, Université de Lille].

- Nelson, J. M., & Harwood, H. (2011). Learning disabilities and anxiety: a meta-analysis. *Journal of Learning Disabilities, 44*(1), 3–17. doi: <https://doi.org/10.1177/0022219409359939>
- Nieder, A., & Dehaene, S. (2009). Representation of number in the brain. *Annual Review of Neuroscience, 32*(1), 185–208. doi:10.1146/annurev.neuro.051508.135550
- Nieder, A., & Merten, K. (2007). A Labeled-Line Code for Small and Large Numerosities in the Monkey Prefrontal Cortex. *Journal of Neuroscience, 27*(22), 5986–5993. doi:10.1523/JNEUROSCI.1056-07.2007
- Nys, J., Content, A., & Leybaert, J. (2013). Impact of Language Abilities on Exact and Approximate Number Skills Development: Evidence From Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 56*(3), 956-970. doi:10.1044/1092-4388(2012/10-0229)
- Obersteiner, A., Reiss, K., & Ufer, S. (2013) How training on exact or approximate mental representations of number can enhance first-grade students' basic number processing and arithmetic skills. *Learning and Instruction, 23*, 125–135. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.08.004>.
- OCDE (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. PISA, Editions OCDE, Paris.
- Ophir, E., Nass, C., & Wagner, A. (2009). Cognitive control in media multitaskers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106*(37), 15583-15587. doi: 10.1073/pnas.0903620106
- Pagani, L. S., Fitzpatrick, C., Barnett, T. A., & Dubow, E. (2010). Prospective Associations Between Early Childhood Television Exposure and Academic, Psychosocial, and Physical Well-being by Middle Childhood. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 164*(5), 425-431. doi:10.1001/archpediatrics.2010.50
- Parmentier, C., & Petitpas, G. (2009). *Création et essai de validation d'un test de repérage des troubles de l'orthographe en début de CE2 et d'une fiche de liaison entre enseignants de CE1 et de CE2 concernant la lecture*. [Mémoire d'orthophonie, Université Lille].
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of experimental child psychology, 80*(1), 44-57. doi: 10.1006/jecp.2000.2626
- Peters, L., & De Smedt, B. (2018). Arithmetic in the developing brain: A review of brain imaging studies. *Developmental Cognitive Neuroscience, 30*, 265–279. doi:10.1016/j.dcn.2017.05.002
- Plantier G., (2002). *Les malheurs d'un enfant dyslexique*. Paris : Albin Michel.
- Prado, J., Mutreja, R., Zhang, H., Mehta, R., Desroches, A. S., Minas, J. E., & Booth, J. R. (2011).

Distinct representations of subtraction and multiplication in the neural systems for numerosity and language. *Hum Brain Mapp*, 32(11), 1932–1947. doi:10.1002/hbm.21159

- Price, C. J. (2012). A review and synthesis of the first 20 years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading. *NeuroImage*, 62, 816–847. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.04.062
- Purpura, D. J., Hume, L. E., Sims, D. M., & Lonigan, C. J. (2011). Early literacy and early numeracy: The value of including early literacy skills in the prediction of numeracy development. *J Exp Child Psychol*, 110(4), 647–658. doi:10.1016/j.jecp.2011.07.004
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting Broad and Stable Improvements in Low- Income Children's Numerical Knowledge Through Playing Number Board Games. *Child Development*, 79(2), 375-394. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01131.x
- Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2013). Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*, 14(2), 187-202. doi: 10.1080/15248372.2012.664593
- Rivera, S. M., Reiss, A. L., Eckert, M. A., & Menon, V. (2005) Developmental changes in mental arithmetic: evidence for increased functional specialization in the left inferior parietal cortex. *Cerebral Cortex*, 15, 1779–1790. doi: 10.1093/cercor/bhi055
- Rosenberg-Lee, M., Chang, T. T., Young, C. B., Wu, S., & Menon, V. (2011). Functional dissociations between four basic arithmetic operations in the human posterior parietal cortex: a cytoarchitectonic mapping study. *Neuropsychologia*, 49(9), 2592–2608. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.04.035
- Rubinsten, O., & Henik, A. (2009). Developmental Dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(2), 92–99. doi:10.1016/j.tics.2008.11.002
- Sella, F., Tressoldi, P., Lucangeli, D., & Zorzi, M. (2016). Training numerical skills with the adaptive videogame “The Number Race”: A randomized controlled trial on preschoolers. *Trends in Neuroscience and Education*, 5(1), 20–29. doi:10.1016/j.tine.2016.02.002
- Seo K.-H., Ginsburg H. P. What is developmentally appropriate in early childhood mathematics education? Lessons from new research. Repéré à https://nieer.org/wp-content/uploads/2014/03/Ginsburg_Kyoung.pdf
- Shalev, R. S. (2004). Developmental dyscalculia. *Journal of Child Neurology*, 19(10), 765-771. doi:10.1177/08830738040190100601
- Siegler, R.S., & Opfer, J. E. (2003) The development of numerical estimation: evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, 14(3), 237–243. doi: 10.1111/1467-9280.02438

- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of Numerical Estimation in Young Children. *Child Development, 75*(2), 428-444. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x
- Simmons, F. R., & Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia, 14*(2), 77–94. doi: 10.1002/dys.341
- Simms, V., Clayton, S., Cragg, L., Gilmore, C., & Johnson, S. (2016). Explaining the relationship between number line estimation and mathematical achievement: The role of visuomotor integration and visuospatial skills. *Journal of Experimental Child Psychology, 145*, 22-33. doi:10.1016/j.jecp.2015.12.004
- Singer, V., & Strasser, K. (2017). The association between arithmetic and reading performance in school: A meta-analytic study. *Sch Psychol Q, 32*(4), 435-448. doi: 10.1037/spq0000197
- Soni, A., & Kumari, S. (2015). The role of parental math attitude in their children math achievement. *International Journal of Applied Sociology, 5*(4), 159-163. doi: 10.5923/j.ijas.20150504.01
- Thevenot, C., Barrouillet, P., & Fayol, M. (2001). Algorithmic solution of arithmetic problems and operands-answer associations in long-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A, 54*(2), 599-611. doi: 10.1080/713755966
- Thibault, J. (2016). *Impact des troubles logico-mathématiques sur la qualité de vie des adultes dyscalculiques*. [Mémoire d'orthophonie, Université de Nice].
- Toll, S. W. M., Van Viersen, S., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2015). The development of (non-)symbolic comparison skills throughout kindergarten and their relations with basic mathematical skills. *Learning and Individual Differences, 38*, 10-17. doi:10.1016/j.lindif.2014.12.006
- UNESCO. (1979). L'enfant et le jeu : approches théoriques et applications pédagogiques. *Etudes et documents d'éducation, (34)*.
- Vallée, L., & Dellatolas, G. (2005). *Recommandations sur les outils de Repérage, Dépistage et Diagnostic pour les Enfants atteints d'un Trouble Spécifique du Langage* (Ministères de la Santé et des Solidarités). Repéré à https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/06.reco_outils_rep-2.pdf
- Vasseur, O. (2019). *Habitude de jeu (numérique) et compétences mathématiques*. [Mémoire d'orthophonie, Université de Lille].
- Von Aster, M. G. (2000) Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: varieties of developmental dyscalculia. *Eur Child Adolesc Psychiatry, 9*, 41–57. doi: 10.1007/s007870070008.
- Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology, 49*, 868-873. doi: 10.1111/j.1469-

- Wilson, A. J., & Dehaene, S. (2007). Number Sense and Developmental dyscalculia. In Human Behavior learning, and the developping brain: atypical development. *New-York : Guilford Press*, 9, 212–238. Repéré à http://www.unicog.org/publications/WilsonDehaene_inPress_Final_HBDB.pdf
- Wilson, A. J., Dehaene, S., Pinel, P., Revkin, S. K., L. Cohen, L., & Cohen, D. (2006). Principles underlying the design of “The Number Race”, an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 2(1), 19. doi:10.1186/1744-9081-2-19
- Wolfgang, C., Stannard, L., & Jones, I. (2001). Block Play Performance among Preschoolers as a Predictor of Later School Achievement in Mathematics. *Journal of research in Childhood Education*, 15, 173-181. doi: 10.1080/02568540109594958

Liste des annexes

Annexe n°1 : Modèle développemental de la cognition numérique en quatre étapes (d'après Von Aster et Shalev, 2007)