

Etude des compétences digitales et des compétences numériques chez le jeune enfant né prématurément

L'utilisation fonctionnelle des doigts en contexte numérique serait-elle problématique chez le jeune enfant né prématurément ?

Mémoire présenté par Célia Martineau

En vue de l'obtention du grade de master en Logopédie

Promotrice : Laurence Rousselle

Lectrices : Lucie Attout et Trecy Martinez-Perez

Année 2019-2020

Remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier Laurence Rousselle, ma promotrice, pour avoir accepté de m'encadrer dans ce projet de mémoire.

Je remercie très sincèrement Line Vossius qui m'a accompagné tout au long de la réalisation de ce travail. Je la remercie tout particulièrement pour sa disponibilité, son soutien et sa bienveillance.

Je remercie également les lectrices de ce mémoire, Lucie Attout et Trecy Martinez-Perez, pour avoir accepté de me lire et pour leur intérêt porté à ce travail.

Merci à la direction des écoles et aux institutrices pour m'avoir accueilli chaleureusement et pour avoir fait preuve de tant de flexibilité afin que je réalise mes passations dans les meilleures conditions. Un merci tout particulier pour Virginie et Maïté qui, par leur dynamisme et leur curiosité m'ont soutenu dans ce projet et m'ont en parallèle fait découvrir leur métier.

Merci aux enfants, toujours si surprenants et attachants, pour leur patience et leur coopération. Merci à leurs parents qui ont accepté de participer à cette étude, et qui, pour certains, ont fait bien plus, en m'ouvrant la porte de leur foyer, et en prenant le temps d'échanger avec moi.

Merci à chacun de mes proches pour leur écoute, leurs encouragements et leur présence.

J'ai vécu une expérience sociale exceptionnelle grâce à de nombreuses belles rencontres, je remercie donc grandement chaque personne qui a contribué, de près ou de loin, à ce travail.

Table des matières

Introduction générale.....	5
Revue de la Littérature.....	7
I Le développement des compétences numériques chez l'enfant tout-venant	8
1) La chaîne numérique verbale	8
2) Les cinq principes du dénombrement.....	9
3) Du principe de cardinalité à la maîtrise complète de la cardinalité.....	10
4) L'entrée dans l'arithmétique.....	11
Synthèse	12
II Le rôle des doigts dans le développement typique des compétences numériques et arithmétiques	13
1) Le modèle actuel de Roesch & Moeller (2015)	13
2) Les doigts : un support pour le comptage.....	15
3) Les doigts : un support pour la maîtrise de la cardinalité	15
4) Les doigts : un support pour l'arithmétique.....	17
a. Composante perceptive	18
b. Composante motrice.....	19
Synthèse	21
III Le développement des compétences motrices et numériques chez l'enfant né prématurément... ..	22
1) Définition de la prématurité.....	22
2) L'impact de la prématurité sur les fonctions cognitives et les apprentissages.....	23
a. Fonctions cognitives : mémoire et attention	23
b. Langage.....	24
c. Apprentissages	25
3) Les difficultés motrices.....	26
4) Les difficultés spécifiques rencontrées dans le domaine numérique et arithmétique.....	27
Synthèse	29
Question de recherche et Hypothèses.....	30
Méthodologie.....	37
1) Participants.....	38
2) Description des tâches	40
a. Tâches contrôles.....	41

b. Tâches digitales	43
c. Tâches numériques	44
3) Déroulement des passations	47
Résultats	48
Discussion	57
Conclusion générale	68
1) Conclusion	69
2) Perspectives futures	71
Bibliographie.....	72
Annexes	78
1) Protocoles des tâches digitales	79
2) Protocoles des tâches numériques	82
Résumé.....	94

Introduction générale

Les mathématiques sont la bête noire de nombreux enfants, adolescents, et le restent parfois encore jusqu'à l'âge adulte. Il n'est pas nouveau que de réelles difficultés existent dans l'apprentissage des mathématiques. Il est donc intéressant de comprendre comment se construisent ces compétences de compréhension et de gestion des nombres et ce qui en favorise le développement.

Il a été montré que les doigts jouent un rôle dans le développement numérique chez l'enfant tout-venant. En effet, les doigts sont un support toujours accessible, très utile pour se représenter les quantités (Brissiaud, 1989). Pourtant, certaines populations ont des difficultés motrices qui pourraient avoir des répercussions en cascade, d'abord sur le développement de la motricité fine (réalisation de mouvements d'une certaine précision avec les doigts, comme tenir un crayon) et plus tard sur le développement de concepts numériques, tels que la cardinalité (identification du dernier mot-nombre énoncé lors du dénombrement, comme étant le nombre total d'éléments qui composent une collection).

Parmi ces populations à risque, il y a les enfants nés prématurément. Ceux-ci seraient désavantagés dans l'utilisation fonctionnelle de leurs doigts de par certaines difficultés motrices. Peu d'études ont été réalisées sur cette population alors que les naissances avant terme sont en augmentation (Lejeune et Gentaz, 2018 ; Brydges et al. 2018). La prématurité devient une question de santé publique.

C'est pourquoi il nous semble pertinent de s'intéresser aux compétences digitales et numériques des enfants nés prématurément et plus particulièrement à l'utilisation fonctionnelle de leurs doigts en contexte numérique. Ces observations permettraient de d'anticiper et prévenir d'éventuelles difficultés concernant le développement de ces différentes compétences.

Ce travail nous permettra d'explorer ce sujet. Tout d'abord, la revue de la littérature reprendra l'état des recherches actuelles concernant : le développement typique des compétences numériques, le rôle des doigts dans ce développement, ainsi que ce que nous savons actuellement concernant les compétences motrices et numériques chez l'enfant né prématurément. Nous exposerons ensuite nos questions de recherches et hypothèses en lien avec la revue de littérature. Puis, nous décrirons la méthodologie utilisée pour réaliser la passation de tests, dans le but de répondre aux questions posées. Pour finir, nous présenterons les résultats, qui seront discutés dans la dernière partie.

Revue de la Littérature

I Le développement des compétences numériques chez l'enfant tout-venant

Une sensibilité au nombre est observée dès le plus jeune âge. Différentes études ont été réalisées sur les nourrissons. De par son comportement (temps de fixation du regard), il semblerait que le bébé âgé de 6 mois soit capable de détecter une transformation sur de petites numérosités (Xu et Spelke, 2000 ; Kobayashi et al., 2005). Ainsi, certains auteurs suggèrent qu'il existerait des habiletés numériques innées. Cependant, malgré certaines compétences présentes à la naissance, l'enfant doit passer par plusieurs étapes afin de construire son système numérique, et ainsi comprendre les relations entre les nombres.

1) La chaîne numérique verbale

La chaîne numérique verbale se développe entre 2 et 8 ans. La construction de celle-ci se fait en deux phases qui peuvent se chevaucher (Fuson et al, 1982).

La première phase dite d'**acquisition** consiste à apprendre et répéter une suite de mots nombre. Lors de cette phase, l'enfant passe par plusieurs étapes : la partie stable non conventionnelle, où il y a souvent des omissions de mots-nombres dans la chaîne récitée ; la partie non stable et non conventionnelle pour laquelle les mots-nombres ne sont pas récités dans le bon ordre, en plus des omissions ; la partie stable et conventionnelle, où l'enfant récite la chaîne numérique verbale comme une chanson, à partir de 1, dans le bon ordre, et dans son entièreté.

La deuxième phase dite d'**élaboration** permet à l'enfant de créer des relations entre les mots-nombres et de les individualiser. Petit à petit, la chaîne numérique verbale prend son sens : Le premier niveau, dit « chapelet », correspond à la phase d'acquisition où l'enfant récite la chaîne numérique verbale comme une comptine. Ensuite, vient le niveau de la chaîne insécable, l'enfant compte sa collection, à partir de 1 jusqu'à avoir compté tous les éléments. Puis, vient le niveau de la chaîne sécable, chaque mot-nombre est bien individualisé. Ainsi, l'enfant peut compter à partir de n'importe quel chiffre autre que 1, et trouver le nombre qui vient avant, ou après. Pour terminer, vient le niveau de la chaîne terminale/bidirectionnelle, où les relations entre les mots-nombres sont parfaitement établies. Ainsi, l'enfant peut compter à l'endroit, ou à l'envers, à partir de n'importe quel chiffre.

Cette maîtrise de la chaîne numérique verbale est une base importante qui permettra à l'enfant d'apprendre à dénombrer.

2) Les cinq principes du dénombrement

Selon Gelman et Meck (1983) les enfants auraient des capacités innées concernant le comptage. Les auteurs définissent cinq principes que l'enfant acquiert de façon implicite, grâce à l'expérience :

Le principe de la stricte correspondance terme-à terme : un élément de la collection est désigné par un seul mot-nombre.

Le principe de l'ordre stable : les mots-nombres sont récités dans le même ordre à chaque comptage.

Le principe de cardinalité : le dernier mot-nombre prononcé représente la totalité d'éléments contenus dans une collection.

Le principe d'abstraction : l'enfant est capable de dénombrer l'ensemble d'une collection, peu importe les éléments dont elle est composée.

Le principe de non-pertinence de l'ordre : la collection comporte toujours le même nombre d'éléments, peu importe l'ordre dans lequel sont dénombrés les éléments.

Ces principes seraient maîtrisés à un très jeune âge, bien que difficiles à appliquer par l'enfant sur de grandes collections.

Le dénombrement est une activité complexe qui demande la coordination du pointage et de l'énonciation de la suite de nombres (Fayol et al. 2000).

Selon Gelman et Meck (1983), les enfants maîtrisent les cinq principes de façon implicite dès 3 ans. Ainsi, la plupart des enfants seront capables de les appliquer, de détecter une erreur de dénombrement et de la corriger. Dans cette étude, l'enfant regarde une marionnette compter avant de dire à l'expérimentateur si le comptage est correct ou incorrect (tâche de détection d'erreurs). Les auteurs observent que l'enfant est capable de repérer lorsque la poupée a compté un élément deux fois. En revanche, il ne pourra pas énoncer la règle explicite qui est : chaque objet ne doit être compté qu'une seule fois.

Les auteurs montrent que la maîtrise de ces principes permettrait à l'enfant de dénombrer correctement une collection d'objets.

3) Du principe de cardinalité à la maîtrise complète de la cardinalité

Le principe de cardinalité est une étape importante au cours de laquelle l'enfant prend conscience que le mot-nombre peut représenter une quantité. Cela demande une certaine capacité d'abstraction. Ce principe est généralement acquis passé l'âge de 4 ans (Sarnecka et al. 2007).

Vers 2 ans et demi, l'enfant est capable de compter un petit ensemble d'objets sans faire de relation entre comptage et cardinalité (Wynn, 1990). Lorsque l'enfant ne maîtrise pas encore la cardinalité, nous remarquons qu'il désigne une collection composée de plusieurs objets en choisissant un mot-nombre suffisamment grand. Cela montre que l'enfant a bien certaines connaissances approximatives concernant les quantités et que la cardinalité est en train de se construire (Gunderson et al., 2015).

Il peut être difficile de déterminer si le principe de cardinalité est acquis ou non. Gelman et Meck (1983) considèrent que le principe est acquis lorsque l'enfant répond de façon adéquate à la question : « combien y a-t-il d'objets en tout ? ». L'enfant comprend alors que le dernier mot-nombre énoncé correspond à la quantité d'éléments dont se compose la collection. Il n'a pas besoin de recompter l'entièreté de la collection pour donner sa réponse.

Cependant, ce propos est à nuancer. En effet, l'enfant peut avoir repéré le terme « combien », qui revient régulièrement, et avoir encodé la réponse que nous attendons de lui. L'enfant peut ainsi donner une réponse correcte en répétant le dernier mot-nombre énoncé, sans pour autant avoir conscience de la signification cardinale du nombre (Vilette, 1994 ; Sarnecka et Carey, 2008).

Pour être certain que l'enfant a compris à quelle quantité correspond le mot-nombre, il doit être capable de réaliser la tâche « Donne-moi » (Wynn, 1990) avec précision. Lors de cette tâche l'examineur demande à l'enfant : « peux-tu me donner n objets ? », et s'attend à ce que l'enfant donne le nombre exact d'objets demandé.

En utilisant cette tâche, Sarnecka et al. (2007) ont demandé aux enfants de constituer un ensemble de 1 à 6 éléments. Les auteurs ont pu établir différents stades par lesquels passe l'enfant pour construire sa représentation des quantités :

À 2 ans et demi environ, il fait la différence entre 1 et plusieurs, l'enfant est au stade « one knowers ».

À 3 ans – 3 ans et demi, l'enfant comprend la signification du mot-nombre 2 et peut se représenter les quantités 1, 2, et comprend la notion « plus que 2 ». Il est au stade « two knowers ».

À 3 ans et demi – 4 ans l'enfant peut se représenter les quantités 1, 2, 3, mais pas plus loin, il est au stade « three knowers ». Lorsqu'il arrive à ce stade-là, il semble que le principe de cardinalité soit bien installé et que l'enfant soit capable de généraliser le principe à tous les autres nombres. Ils deviennent des « cardinal-principle-knowers ».

La maîtrise de la valeur cardinale des nombres est une étape importante qui permettra à l'enfant de comprendre les relations arithmétiques, comme cela sera décrit dans la partie suivante.

4) L'entrée dans l'arithmétique

L'entrée dans l'arithmétique implique la compréhension de nouvelles relations entre les nombres. Une tâche arithmétique implique l'utilisation de valeurs cardinales, ainsi l'enfant doit faire le lien entre la chaîne numérique verbale et la cardinalité. Cela lui permettra de comprendre les transformations réalisées sur le nombre et de réaliser les premiers calculs.

L'étude de Sarnecka et Carey (2008), propose deux tâches arithmétiques à des enfants âgés de 2 à 4 ans : la tâche de directionnalité, qui implique de pouvoir se diriger correctement sur la ligne numérique, en avançant (ajout : +1) ou en reculant (retrait : -1) ; et la tâche de succession (pouvoir différencier : l'ajout $N+1$ ou $N+2$; $N-1$ ou $N-2$) sont proposées à l'enfant. Les résultats montrent bien que les enfants ne maîtrisant pas le principe de cardinalité n'ont pas réussi ces tâches. Les auteurs observent que l'enfant apprend d'abord à se diriger sur la ligne numérique et à comprendre le sens de la direction : lorsque nous ajoutons 1 ou enlevons 1 (fonction de direction), nous devons faire un bond en avant ou un bon en arrière. Puis, une fois que l'enfant sait se déplacer de façon adéquate sur la ligne numérique, il gagnera en précision. Cela lui permettra de savoir si on a ajouté/enlevé un, ou deux éléments (fonction de succession). C'est ainsi que l'enfant arrivera vers les premiers calculs.

Synthèse

Une sensibilité au nombre serait présente chez l'enfant dès le plus jeune âge.

Néanmoins, l'enfant doit passer par différentes étapes pour construire son système numérique : l'apprentissage de la chaîne numérique verbale (entre 2 et 8 ans), le dénombrement (autour de 3 ans), et la cardinalité (autour de 4 ans).

L'acquisition du principe de cardinalité est une étape importante. Elle se traduit par l'identification du dernier mot-nombre énoncé lors du dénombrement comme étant la quantité d'éléments qui composent une collection.

Toutefois, maîtriser entièrement la cardinalité implique de comprendre quelle quantité représente un mot-nombre. La tâche « Donne-moi » (Wynn, 1990) permet d'identifier à quel stade se trouve l'enfant dans l'acquisition de ce principe. En effet, les enfants semblent apprendre la signification cardinale des premiers mots-nombres successivement (one knowers ; two knowers ; three knowers), jusqu'à pouvoir ensuite généraliser leurs connaissances à tous les autres mots-nombres (cardinal-principle-knowers).

Pour développer le principe de cardinalité, il est important d'utiliser de tout type de symboles et matériel concret (doigts, jetons...), afin d'aider l'enfant à construire ses représentations des quantités. Cela permettra de développer ses représentations numériques, pour ensuite entrer dans l'arithmétique.

Nous noterons que la construction de ces compétences numériques nécessite des capacités langagières (connaissance de la chaîne numérique verbale), des capacités motrices (coordination pointage/énonciation du mot-nombre lors du dénombrement), et des capacités d'abstraction (se représenter les quantités).

II Le rôle des doigts dans le développement typique des compétences numériques et arithmétiques

L'utilisation des doigts pour compter est présente dans de nombreuses cultures, et propre à chaque communauté. Par exemple, des variantes sont observées lors du comptage, comme l'utilisation des phalanges, ou d'autres parties du corps (Barrouillet et Camos, 2002). L'utilisation du geste s'observe de façon spontanée, aussi bien chez les adultes que chez les enfants.

Pour souligner l'intérêt de l'utilisation des doigts, Brissiaud (1989) distingue la représentation analogique de la représentation arbitraire. La représentation analogique a une nature symbolique. Par exemple, pour représenter quatre bâtons, on peut les dessiner à l'aide de quatre traits : | | | |, ou bien quatre jetons, ou encore quatre doigts levés. À l'inverse, pour la représentation arbitraire, cette notion de pluralité disparaît et les quatre éléments d'une collection sont représentés par un seul signe : le « 4 ».

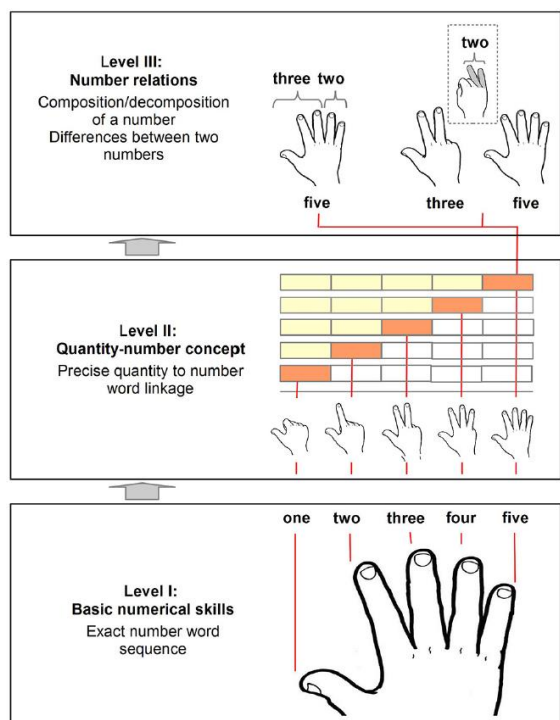
Il est important d'avoir des capacités d'abstraction pour intérioriser ces représentations et comprendre que quatre éléments se cachent derrière un unique signe. Ainsi, les doigts ont l'avantage par rapport aux mots-nombres, d'être une représentation analogique des quantités, permettant de garder une trace d'une quantité.

De plus, Brissiaud (1989) parle d'un « codage pluri-sensoriel de la quantité » : imaginer ses doigts se lever, « sentir » les quantités sur les doigts. Les doigts sont la collection témoin idéale, car ils sont toujours disponibles, en plus d'apporter des sensations kinesthésiques.

Ainsi, il existe différentes façons de se représenter les quantités, notamment l'utilisation des doigts qui semble être particulièrement utile.

1) Le modèle actuel de Roesch & Moeller (2015)

Le modèle actuel de Roesch et Moeller (2015) montre que l'utilisation des doigts aurait un fort impact sur le développement des habiletés numériques et des représentations des quantités. Nous noterons qu'eux-mêmes ne parlent pas de « nécessité » des représentations digitales, mais plutôt d'une « influence positive » sur le développement du système et des représentations. Ils précisent également qu'il existe une grande variabilité dans l'utilisation des doigts en fonction des habitudes culturelles.



(Source de l'image : Roesch et Moeller, 2015)

Figure 1 : Modèle de Roesch et Moeller (2015) décrivant le rôle des représentations digitales dans le développement des habiletés numériques de base.

Ces auteurs exposent leur théorie construite sur trois niveaux. Le premier niveau nous montre l'utilité des représentations digitales pour apprendre les mots-nombres de la chaîne numérique verbale ainsi que pour développer le comptage : il est possible d'associer un doigt à un mot-nombre. Ainsi, c'est toujours le même doigt qui se lève en correspondance avec le même mot-nombre.

Le deuxième niveau nous montre que les représentations digitales participent à la construction des représentations des quantités et du principe de cardinalité. En effet, un chiffre ne correspond pas seulement à un doigt, il correspond à un pattern particulier, à un ensemble de doigts levés. Ce pattern correspond à la réponse cardinale de la collection qui a été dénombrée.

Le troisième niveau nous montre que les représentations digitales permettent d'acquérir les premières compétences arithmétiques, c'est-à-dire de réaliser les premiers calculs en se les représentant à l'aide des doigts.

Les représentations digitales ne seraient donc pas seulement utiles pour le comptage et la maîtrise de la cardinalité. Elles permettraient également de développer les premières compétences arithmétiques telles que les additions et les soustractions.

De nombreux auteurs ont vérifié cette théorie. Les trois parties suivantes feront l'inventaire des données scientifiques actuelles concernant le rôle des doigts dans chacune de ces étapes : comptage, cardinalité, et arithmétique.

2) Les doigts : un support pour le comptage

Le comptage implique la connaissance de la chaîne numérique verbale. Les doigts sont incontestablement un support ayant une grande influence sur la précision du comptage notamment chez le jeune enfant (étape 1 du modèle de Roesch & Moeller (2015)).

Différents auteurs montrent que le pointage soulage la mémoire de travail et évite à l'enfant de perdre le fil de son comptage (Goldin-Meadow et Wagner, 2005 ; Crollen et al., 2011). En effet, le risque de se tromper dans le comptage augmente lorsque l'enfant n'est pas autorisé à utiliser ses doigts, ou, lorsqu'il compte en observant une marionnette pointer à sa place (Alibali et DiRusso, 1999). Par exemple, l'enfant peut omettre un élément, se perdre dans son comptage, ou bien énoncer les mots-nombres trop vite, ou trop lentement. Ainsi, l'action de pointer semble soutenir le développement du principe de correspondance terme à terme : cela permet à l'enfant de prononcer le mot-nombre adéquat au bon moment. Grâce à la coordination pointage/énonciation du mot-nombre, mais également grâce à la coordination visuo-manuelle, moins d'erreurs de dénombrement sont observées chez l'enfant qui utilise le geste. L'utilisation des doigts semble donc soutenir le dénombrement et le chemin vers la cardinalité.

Gelman et Meck (1983) remarquent également que manipuler les objets (pouvoir mettre de côté les éléments déjà comptés) limite les erreurs chez l'enfant de 3 à 4 ans. Cela correspond à l'idée de Brissiaud (1989) qui parle de comptage pluri-sensoriel : voir les objets devant soit, les compter à voix haute et pouvoir les toucher, renforce les représentations et limite le nombre d'erreurs de dénombrement.

3) Les doigts : un support pour la maîtrise de la cardinalité

Comme évoqué précédemment, différents auteurs ont étudié le lien entre l'utilisation des doigts et le développement des compétences numériques, telles que le dénombrement et la

cardinalité (étape 2 du modèle de Roesch & Moeller (2015)) (Alibali et DiRusso, 1999 ; Gunderson et al., 2015).

Cependant, tous les auteurs ne s'accordent pas sur l'importance du rôle des représentations digitales dans la maîtrise de la cardinalité.

En effet, Crollen et al. (2011) suggèrent que, si les doigts étaient une étape indispensable dans la construction du nombre, nous devrions observer deux choses dans les premiers stades du développement numérique : l'utilisation des représentations digitales précédant l'utilisation des mots-nombres, ainsi que de meilleures performances dans les réponses digitales que dans les réponses verbales.

Ces hypothèses ont été corroborées par les observations de Nicoladis et al. (2010). Dans leur étude, les enfants ont effectué deux tâches : une tâche de dénombrement et la tâche « Donne-moi » (Wynn, 1990). Pour la tâche de dénombrement, les enfants avaient le choix de montrer la réponse avec leurs doigts (modalité gestuelle) ou de l'énoncer (modalité verbale). Pour la tâche « Donne-moi », l'expérimentateur présentait à l'enfant une configuration de doigts (modalité gestuelle), ou énonçait un mot-nombre (modalité verbale) et l'enfant devait reconstituer la collection.

Cette étude montre que les sujets de 2 à 5 ans obtiennent de meilleures performances dans la modalité verbale. Il n'est pas plus facile pour ces jeunes enfants d'associer un geste à un nombre d'objets. Seuls les plus jeunes (2 ans) préfèrent répondre en utilisant leurs doigts dans la tâche de dénombrement. Les auteurs nuancent ce résultat, car la représentation digitale du 5, qui est certainement la plus simple, a été la plus utilisée. Ils rappellent également que peu de mots-nombres sont connus à cet âge.

Cette étude ne critique pas le fait que les doigts soient un support d'une grande aide pour la procédure de comptage (terme à terme), ou encore pour soutenir les procédures de calculs. En revanche, les auteurs suggèrent que l'utilisation des représentations digitales serait culturelle et qu'il n'est pas certain que l'enfant passe par la représentation digitale afin d'accéder au concept arbitraire qu'est le mot-nombre.

A l'inverse, Gunderson et al. (2015) observent des résultats contraires sur la même population. Dans cette étude, les sujets donnent plus de réponses correctes en utilisant leurs doigts que par la parole, ainsi, l'utilisation des doigts semble faciliter l'accès à la cardinalité. Les auteurs critiquent alors l'étude de Nicoladis et al. (2010) sur plusieurs points. Selon eux, les configurations de doigts des ensembles 6, 7, 8 et 9, qui ont été proposées, sont complexes à

réaliser considérant le jeune âge des enfants. Cela expliquerait pourquoi la modalité gestuelle a été moins utilisée. De plus, les résultats concernant la modalité verbale sont significatifs pour les enfants plus âgés (4-5 ans) mais pas pour les plus jeunes (2-3 ans), pour lesquels on n'observe pas de différence entre les deux modalités. Les auteurs suggèrent que les enfants plus âgés ont probablement déjà acquis le principe de cardinalité et il serait donc plus aisé pour eux de répondre par la modalité verbale que par le geste.

D'après leurs conclusions et les points critiqués dans l'étude de Nicoladis et al. (2010), ces auteurs considèrent donc que les doigts auraient bien un rôle important dans le développement du concept du nombre.

L'étude récente de Gordon et al. (2019) rejoint les observations de Gunderson et al. (2015). Ils observent une utilisation des doigts spontanée lorsque l'enfant est face à une tâche particulièrement difficile à réaliser. Le geste serait donc bien une stratégie pour soutenir les tâches coûteuses au niveau cognitif. L'étude a été réalisée sur des enfants de maternelle âgés de 4 ans en moyenne, afin d'observer l'utilisation de leurs doigts dans la tâche « Donne-moi ». Certains enfants maîtrisaient le principe de cardinalité, d'autres non. L'utilisation du geste était plus rare chez les enfants qui ne maîtrisaient pas la cardinalité. Les résultats obtenus montrent que l'utilisation du geste dépend du niveau de connaissance du nombre de l'enfant et non pas de son âge. Les auteurs remarquent que l'enfant utilise plus le geste lorsque son niveau de connaissance du nombre est plus avancé. De futures recherches devraient explorer ce lien afin de voir si l'usage du geste permet de soutenir l'acquisition du nombre et inversement. Ainsi, l'utilisation du geste pourrait nous indiquer où se situe l'enfant sur sa trajectoire de compréhension du nombre.

4) Les doigts : un support pour l'arithmétique

Nous distinguons dans cette partie les gnosies digitales (composante perceptive), et la dissociation et la coordination des doigts (composante motrice). En effet, certains auteurs ont observé l'influence d'une composante perceptive, liée à des processus sensoriels propres aux doigts de la main, sur les compétences numériques. D'autres ont observé l'influence d'une composante motrice, notamment lorsque nous bougeons nos doigts, lors de la réalisation d'une tâche arithmétique.

a. Composante perceptive

Tout d'abord, Wasner et al. (2016) définissent les gnosies digitales comme étant la capacité à percevoir et à reconnaître nos propres doigts suite à un stimulus sensoriel, et cela, sans avoir de feedback visuel. Asakawa et al. (2019) parlent des gnosies comme étant une habileté à identifier la forme de la main et la position des doigts, sans avoir de feedback visuel. Plusieurs recherches ont montré que les gnosies digitales seraient un bon prédicteur des compétences numériques et arithmétiques (Fayol et al., 1998 ; Noël, 2005).

L'étude longitudinale de Fayol et al. (1998) teste les gnosies digitales d'enfants de 5 ans à travers différentes tâches réalisées les yeux fermés : la reconnaissance d'un seul doigt touché, la discrimination de deux doigts touchés l'un après l'autre, la simultagnosia (reconnaissance de deux parties du corps touchées l'une après l'autre), et la graphestesia (reconnaissance d'une ligne tracée sur la peau à l'aide d'un pointer). Les performances des enfants sont corrélées à leurs résultats en mathématiques un an après. Cette étude s'est poursuivie jusqu'à ce que les enfants aient l'âge de 8 ans. Ces tâches permettaient toujours de prédire les performances de l'enfant, jusqu'à trois ans après avoir été réalisées.

Ainsi cette étude démontre l'existence d'un lien entre compétences numériques et gnosies digitales.

Noël (2005) teste ce lien de façon plus précise chez des enfants âgés de 5 à 7 ans. Elle questionne le pouvoir prédicteur des gnosies digitales sur les habiletés numériques à venir, mais également sur les compétences en lecture. Quinze mois après les passations, les résultats montrent clairement le caractère prédicteur des gnosies sur les habiletés numériques, mais ne montrent aucun résultat significatif concernant les compétences en lecture. Cela ajoute de la valeur et de la spécificité au lien entre gnosies digitales et habiletés numériques.

Ainsi, les résultats obtenus vont dans le même sens que ceux de Fayol et al. (1998) : en testant les enfants à un jeune âge (5-7 ans), les gnosies digitales sont un bon prédicteur des habiletés numériques de l'enfant un an plus tard.

L'étude de Wasner et al. (2016) confirment les résultats obtenus dans les études précédentes en questionnant le lien entre gnosies digitales et premières compétences arithmétiques (additions et soustractions). Cette étude apporte un élément supplémentaire en prenant en compte l'influence d'autres variables, dont la mémoire à court terme. Cette variable apparaît comme étant le prédicteur le plus important des performances arithmétiques, ce qui

remet en perspective le lien entre gnosies digitales et compétences arithmétiques. De plus, d'autres études montrent également l'importance des fonctions cognitives dans le développement des compétences numériques (Bull et al. 2008 ; Peng et al. 2016).

Ainsi, les résultats significatifs confirment le lien entre gnosies digitales et premières compétences arithmétiques sur une population débutant la première année primaire. Cependant, en considérant les autres variables telles que la mémoire à court terme, ce lien semble plus faible que ce que les études précédentes (Fayol et al. 1998 ; Noël 2005) laissaient penser.

Ce sont des études très intéressantes pour les enfants chez qui seraient détectées de faibles performances à ces tâches de gnosies digitales. Le pouvoir prédictif de celles-ci semble être utile dans la détection de futures difficultés concernant les habiletés numériques. Wasner et al. (2016) suggèrent de poursuivre les recherches dans ce domaine et rappellent qu'il n'existe pas de test standardisé actuellement permettant l'évaluation des gnosies digitales. Ils suggèrent que la valeur diagnostique apportée par l'évaluation des gnosies permettrait d'orienter l'enfant vers une prise en charge précoce afin de prévenir les troubles de calcul.

b. Composante motrice

Les compétences en motricité fine ont également un lien important avec la réussite arithmétique. Les études les plus récentes vont jusqu'à suggérer que les compétences en motricité fine auraient un rôle plus important que les gnosies digitales.

Des études ont été réalisées sur une population ayant un handicap moteur (Barnes et al. 2005 ; Barnes et al. 2011). L'étude de Barnes et al. (2011) évalue les compétences arithmétiques des enfants atteints de spina bifida myéломéningocèle à l'âge de 3 et 5 ans, ainsi que les habiletés reliées au développement de ces compétences, notamment la motricité fine. Il a été montré que cette population est à haut risque de développer des difficultés en mathématiques associées. Les résultats significatifs obtenus dans cette étude indiquent qu'il existe une corrélation entre les difficultés en motricité fine et les difficultés en arithmétique. Les auteurs montrent que les difficultés en motricité fine observées à l'âge de 3ans sont un fort prédictif des performances arithmétiques à l'âge de 5 ans.

Il existe également des études menées sur une population d'enfants tout-venant qui tendent vers les mêmes résultats que l'étude précédente. Asakawa et Sugimura (2014) ont

réalisé une étude longitudinale sur des enfants de 4 à 6 ans. Les résultats indiquent que les compétences en motricité fine à l'âge de 4 ans permettent de prédire les compétences arithmétiques à l'âge de 4 ans et demi, 5 ans, et 5 ans et demi. Dans la continuité de ces travaux, une autre étude de Asakawa et al. (2019) permet de préciser le rôle certain de la motricité fine dans le développement des compétences arithmétiques chez l'enfant âgé de 7 ans. Cette étude propose un entraînement orienté vers la dissociation et la coordination des doigts (précision du geste), ainsi que le renforcement des muscles des doigts (pour avoir un meilleur contrôle). Les résultats montrent qu'un entraînement de trois semaines permet d'améliorer de façon significative les performances en arithmétique et que les compétences en motricité fine ont un impact sur ces performances. L'entraînement n'était pas centré sur la perception et la reconnaissance des doigts et n'a donc pas permis d'améliorer les gnosies digitales. Ainsi, les auteurs suggèrent que les compétences en motricité fine ont un rôle plus important que les gnosies digitales concernant les performances en arithmétique.

Ces différentes recherches montrent qu'il existe un lien fort entre motricité fine et performances arithmétiques. Elles confirment que l'utilisation fonctionnelle des doigts semble être un facteur important dans le développement des compétences numériques et arithmétiques.

Synthèse

Les représentations numériques digitales jouent indéniablement un rôle important dans le développement du système numérique et arithmétique. En effet, l'utilisation des doigts permet de donner une représentation analogique du nombre grâce à une configuration de doigts.

Le modèle de Roesch et Moeller (2015) indique que l'utilisation des doigts est bénéfique dans l'apprentissage de la chaîne numérique verbale, et soutient l'acquisition de la cardinalité ainsi que l'apprentissage des premières compétences arithmétiques. Elle permet également de ne pas se perdre dans son comptage en pointant un à un les éléments d'une collection (principe de correspondance terme à terme). En effet, différentes études ont montré que le geste permet de soulager la mémoire de travail.

D'après plusieurs études, les gnosies digitales sont un bon prédicteur des compétences numériques, même si d'autres études récentes ont montré que ce lien serait plus faible que ce que l'on pensait.

Certains auteurs suggèrent également que les compétences en motricité fine auraient un fort lien avec le développement arithmétique et qu'un entraînement de ces compétences permettrait d'améliorer les performances en calcul des enfants.

Toutefois, l'utilisation des doigts ne serait pas systématique et ne serait pas spontanée chez le jeune enfant. Certains auteurs ont observé qu'il n'était pas plus simple de donner une réponse cardinale digitale, que de donner une réponse cardinale verbale. Ainsi, la représentation digitale ne serait pas un passage obligé, mais plutôt un outil pour soutenir la compréhension du concept du nombre.

III Le développement des compétences motrices et numériques chez l'enfant né prématurément

Nous avons vu précédemment que les compétences motrices (gnosies digitales et motricité fine) semblent avoir un rôle important dans le développement du système numérique. De faiblesgnosies digitales et des difficultés motrices pourraient être en lien avec des difficultés dans les compétences numériques.

Certaines populations sont plus à risque de présenter des difficultés motrices, c'est le cas des enfants nés prématurément (Bos et al., 2013). Il semble donc intéressant de se questionner au sujet des habiletés numériques de ces enfants.

1) Définition de la prématurité

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2018), un bébé est prématuré lorsqu'il est né avant 37 semaines d'aménorrhée, par opposition à un bébé né à terme à 40-42 semaines d'aménorrhée en moyenne. Ainsi, on définit trois degrés de prématurité : la prématurité extrême (âge gestationnel inférieur à 28 semaines) ; la grande prématurité (âge gestationnel entre 28 et 32 semaines) ; la prématurité moyenne (âge gestationnel entre 32 et 37 semaines).

Aujourd'hui, les soins intensifs sont de plus en plus efficaces, par conséquent le nombre de bébés nés prématurément augmente. Sansavini et al. (2014) parlent d'une augmentation de 80% ces quinze dernières années. Les causes des naissances prématurées ne sont pas toujours identifiées. Parfois l'accouchement doit être déclenché, dans les autres cas, les causes peuvent être liées à une grossesse multiple, une infection ou une maladie chronique. Il y aurait également un facteur génétique (OMS, 2018). Comprendre les causes permettrait d'anticiper et de faire de la prévention. Il faut savoir qu'une naissance prématurée implique des risques de complications. En effet, tous les systèmes (système nerveux, digestif, respiratoire...) n'ont pas fini de se développer et les organes ne sont pas préparés à une vie extra-utérine précoce. Mulder et al. (2009) précisent qu'il y a des risques d'hémorragie cérébrale et d'anoxie (manque d'oxygène dans l'organisme). Ce sont des traumatismes à prendre en compte qui pourraient avoir un impact futur sur le développement cérébral, le développement moteur, et le développement des fonctions cognitives en général. D'après Mulder et al. (2009), les difficultés rencontrées par les

enfants nés prématurément varient en fonction de l'âge gestationnel. De plus, ces enfants sont à risque de naître avec un faible poids (Tucker et al., 2004). D'après Lejeune et Gentaz (2018), lorsque la naissance est prématurée et/ou que l'enfant a un faible poids à la naissance, le risque de développer des déficits neurodéveloppementaux (telles que des difficultés attentionnelles ou langagières) augmente. Ainsi, le degré de prématurité et le poids à la naissance sont des facteurs de risque qui ont leur importance sur le développement futur de l'enfant.

Si Lejeune et Gentaz (2018) rappellent qu'une majorité de ces enfants se développent, heureusement, de manière similaire aux enfants nés à terme, il n'empêche qu'une partie de cette population peut développer des difficultés liées au développement des compétences motrices et numériques. Nous allons nous intéresser au lien qui pourrait exister entre ces difficultés et les caractéristiques de la prématurité.

2) L'impact de la prématurité sur les fonctions cognitives et les apprentissages

La méta analyse de Brydges et al. (2018) a recensé de nombreuses études montrant des déficits moyens à sévères dans les fonctions cognitives (telles que la vitesse de traitement, l'intelligence et les fonctions exécutives), sur une population de grands prématurés de 4 à 17 ans. La prématurité aurait donc un impact négatif sur les fonctions cognitives, et par conséquent, sur l'ensemble des apprentissages, dont le développement du système numérique.

a. Fonctions cognitives : mémoire et attention

De nombreux auteurs observent des difficultés concernant les fonctions exécutives et les capacités attentionnelles. La méta analyse de Mulder et al. (2009) indique que l'âge gestationnel est un facteur important dans la prédiction de l'étendue de ces difficultés. Les fonctions exécutives regroupent différents processus cognitifs de haut niveau (tels que, l'inhibition, la mémoire de travail, la flexibilité, la planification) dont nous avons besoin pour adapter notre comportement à une situation (Mulder et al., 2009).

Rose et al. (2011) parlent de répercussions en cascade dues à la prématurité. La naissance avant terme entraînerait un ralentissement de la vitesse de traitement, ce qui

impacterait les fonctions exécutives (notamment la mémoire de travail) et aurait pour conséquence des faiblesses dans les apprentissages de la lecture et des mathématiques.

La méta analyse de Franz et al. (2018) montre que la grande prématurité comporte un risque élevé de diagnostic de TDAH (Trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité) comparé au groupe contrôle (né à terme et poids correspondant à l'âge gestationnel). Ce risque est encore plus élevé pour la prématurité extrême. Ils suggèrent que les futures recherches s'orientent vers les causes du développement de ce trouble TDAH chez les populations nées prématurément afin de pouvoir mieux les prévenir.

Si les enfants nés prématurément présentent des déficits dans les fonctions cognitives et plus particulièrement en mémoire de travail, il serait intéressant de pouvoir la renforcer. L'étude de Løhaugen et al. (2019) propose d'entraîner la mémoire de travail chez les adolescents (14-15 ans) nés prématurément avec un très faible poids à la naissance (<1000gr). Le traitement implique un entraînement de 30 à 40 minutes par jours, 5 jours par semaine pendant 5 semaines. Cette étude suggère que la mémoire de travail peut être entraînée de façon efficace chez l'adolescent né prématurément et que l'entraînement effectué se maintient dans le temps (6 mois après l'intervention).

b. Langage

Le langage oral (connaissance de la chaîne numérique verbale) et le langage écrit (compréhension et résolution de problème) ont une influence sur le développement des compétences numériques (Vilenius-Tuohimaa et al., 2008). Ainsi, plusieurs auteurs questionnent le lien entre prématurité et déficits langagiers (Grotteclaes et al., 2010 ; Sansavini et al. 2010 ; Paquette et al. 2015 ; Belanger et al. 2019). Ces différentes études s'accordent sur l'existence de difficultés langagières chez les enfants nés prématurément. Les difficultés semblent varier en fonction du degré de prématurité.

Putnick et al. (2017) ont testé les compétences langagières (langage oral et lecture) de trois groupes d'enfants (grands prématurés ; prématurés moyens ; nés à terme) à différents âges : 5 et 20 mois, puis 4, 6 et 8 ans. L'âge gestationnel étant un facteur important, la grande prématurité est une population susceptible de développer un déficit langagier. En revanche, les recherches concernant la prématurité moyenne ne s'accordent pas toujours sur les risques d'atteintes langagières. Les résultats de cette étude indiquent que les grands prématurés ont les

plus faibles performances, suivis par les prématurés moyens. Les enfants nés à terme ont toujours de meilleures performances, de 20 mois à 8 ans.

De plus, les auteurs observent que les difficultés langagières présentes à l'âge de 20 mois, persistent à l'âge de 8 ans. Ainsi, les compétences langagières observées à un jeune âge semblent être un bon prédicteur de celles qui seront développées en grandissant. Ces résultats suggèrent que les enfants nés prématurément risquent de présenter de plus faibles compétences langagières que les enfants nés à terme. Il nous semble donc important de surveiller le développement langagier de l'enfant prématuré, pour avoir la possibilité de suggérer une intervention précoce si nécessaire.

c. Apprentissages

Plusieurs études montrent que les enfants nés prématurément ont des résultats inférieurs aux enfants tout-venant en mathématiques et en lecture. Ils seraient par conséquent plus à risque d'être en échec scolaire que leurs pairs. Les déficits des fonctions exécutives observées chez les enfants nés prématurément auraient un impact sur la réussite scolaire et plus spécifiquement, sur le développement des compétences numériques (Bull et al. 2008).

Simms et al. (2012) ont testé les compétences en lecture et en mathématiques d'enfants âgés de 11 ans, présentant une extrême prématurité. Ces enfants obtiennent des performances inférieures aux enfants nés à terme dans chaque domaine testé. Cette étude met également en évidence de faibles compétences visuo-spatiales ainsi qu'une difficulté à intégrer les informations. D'après les auteurs, ces observations indiquent une mauvaise réussite scolaire, surtout en mathématiques. Ils suggèrent qu'un accompagnement adapté permettrait à ces enfants de soutenir le développement de leurs représentations numériques, ce qui devrait améliorer les performances mathématiques.

3) Les difficultés motrices

Nous avons expliqué plus haut que le pointage, le toucher et la manipulation facilitaient grandement l'apprentissage du dénombrement chez l'apprenant. Pour cela, les gnosies digitales et les capacités motrices sont nécessaires, notamment la motricité fine. Ainsi la motricité et le développement des compétences numériques, telles que le comptage et le dénombrement, sont intimement liées.

La méta analyse de De Kievet et al. (2009) montre un déficit des compétences motrices chez l'enfant grand prématuré et de faible poids à la naissance. Ces difficultés sont présentes de l'enfance jusqu'à l'âge de 15 ans, elles persisteraient donc à l'adolescence. Les auteurs soulignent l'influence de l'âge gestationnel et du poids de naissance sur la motricité : plus l'enfant naît tôt et/ou avec un faible poids de naissance, plus les difficultés motrices sont présentes. Ainsi, la motricité semble vulnérable chez l'enfant né prématurément et la motricité fine serait plus particulièrement touchée (Bos et al., 2013). Nous pouvons donc supposer que l'utilisation de leurs doigts leur demande un effort supplémentaire.

Sansavini et al. (2014) ont effectué une étude longitudinale sur des enfants extrêmement prématurés, étant les plus à risques de développer des troubles développementaux. Les capacités motrices ont été testées à l'âge de 12, 24 et 30 mois et ont été comparées à celles d'enfants nés à terme. Les auteurs observent qu'un retard moteur se creuse et n'est pas rattrapé même après 3 ans. Une explication possible serait l'extrême immaturité du système nerveux et des organes, à laquelle s'ajouteraient les souffrances physiques ressenties à la suite d'une naissance prématurée. Les auteurs font l'hypothèse que ce retard moteur pourrait influencer les pré-requis au langage, et par la suite avoir un effet cascade sur l'acquisition du langage.

L'étude de Bröring et al. (2018) évaluant les compétences de traitement sensoriel des enfants nés prématurément montre que les tâches de perception tactile, kinesthésie et graphesthésie sont moins bien réussies que les enfants nés à terme. Pourtant, les auteurs n'observent pas de lien avec les compétences en gnosies digitales, qui ont été contrôlées auparavant. Aucune différence n'est observée entre le groupe d'enfants nés prématurément et le groupe d'enfants nés à terme concernant les gnosies.

Cependant, la méta analyse de Niutanen et al. (2020) regroupant plusieurs études concernant le traitement sensoriel des enfants nés prématurément, présente l'étude de Feder et al. (2005) ayant observé de faibles compétences en gnosies digitales chez ces enfants. Les auteurs précisent bien

que les processus sensoriels des enfants nés prématurément, dont les gnoses, ont été peu étudiés.

Les gnoses digitales étant un bon prédicteur des compétences numériques selon plusieurs auteurs (Noël, 2005 ; Wasner et al., 2016), il serait intéressant de poursuivre les recherches chez la population de jeunes enfants nés prématurément afin d'éclaircir le débat.

4) Les difficultés spécifiques rencontrées dans le domaine numérique et arithmétique

Des difficultés chez les enfants nés prématurément sont observées sur différentes étapes du développement numérique avant même l'entrée en première primaire, bien que ces enfants aient un QI (Quotient Intellectuel) dans la moyenne et ne présentent aucun trouble associé.

Taylor and al (2009) observent une grande variabilité concernant les compétences en mathématiques des enfants nés grands prématurés ou avec un faible poids à la naissance (inférieur à 1500gr). De manière générale, les auteurs observent que les scores des sujets prématurés en mathématiques restent toujours plus bas que ceux des enfants contrôles. De plus, ces enfants présentent souvent d'autres difficultés d'apprentissage en lecture ou en écriture.

Guarini et al. (2013) observent que les représentations non symboliques semblent moins développées chez les enfants prématurés que chez l'enfant tout-venant. Dans cette étude, les auteurs évaluent les compétences des enfants concernant la magnitude (comparaison de nombres et estimation des quantités, sans compter) à l'âge de 6 ans, puis à l'âge de 8 ans. A 6 ans, une lenteur importante est observée chez les enfants prématurés comparés aux enfants tout-venant. Cela pourrait s'expliquer par des difficultés d'abstraction ou encore par des difficultés au niveau visuo-spatial. Les auteurs Mulder et al. (2009) observent un déficit dans les fonctions exécutives, l'attention, et l'inhibition, ce qui pourrait également expliquer cette lenteur. En revanche, à l'âge de 8 ans, les sujets prématurés ont rattrapé leur retard concernant ces habilités pré-numériques, ayant certainement eu suffisamment de temps pour acquérir de l'expérience. L'étude de Guarini et al. (2013) montre également un déficit dans les représentations symboliques à travers une faible connaissance des chiffres arabes. Les sujets prématurés ont des difficultés pour associer un pattern de points à un chiffre. Ce qui indique une faiblesse dans les représentations numériques. De plus, ils obtiennent des performances inférieures à leurs pairs dans les activités de comptage et de dénombrement.

D'après Aarnoudse et al. (2011), les capacités de raisonnement numérique sont également limitées. En effet, raisonner implique la compréhension du problème, qui elle-même dépend de compétences en lecture suffisantes. A ce stade de développement du système numérique, les compétences linguistiques ont un rôle important. Dans cette étude, les sujets avaient entre 4 et 12 ans. En maternelle, le groupe des enfants grands prématurés obtient des performances comparables au groupe d'enfants nés à terme en ce qui concerne les compétences linguistiques. En revanche, les enfants nés prématurément obtiennent des performances plus faibles dans les tâches numériques. En primaire, les performances dans les tâches numériques sont toujours faibles ainsi que la tâche de lecture de mots, mais les performances en compréhension à la lecture et en écriture sont comparables à celles du groupe contrôle. Ainsi, les enfants nés prématurément n'ont pas su rattraper leur retard en raisonnement numérique et en arithmétique en général. Ce sont donc des difficultés persistantes et spécifiques au système numérique.

Synthèse

Les enfants nés prématurément sont plus à risque que leurs pairs nés à terme de présenter une paralysie cérébrale, des difficultés d'apprentissage, des déficits sensoriels, des déficits cognitifs et langagiers, des déficits attentionnels, ainsi que des déficits moteurs, plus particulièrement, des déficits en motricité fine (De Kievet et al., 2009 ; Belanger et al., 2019).

La prématurité aurait des effets en cascade ayant pour conséquences une atteinte des fonctions exécutives et des apprentissages en général.

De plus, les déficits moteurs observés peuvent avoir des conséquences sur l'utilisation fonctionnelle des doigts, outils importants dans le développement du système numérique. Certaines études montrent en effet l'existence d'un déficit spécifique dans les compétences numériques. Les compétences numériques étant sous-tendues par d'autres compétences telles que les facteurs cognitifs généraux (mémoire de travail, capacités langagières), qui pourraient eux-mêmes être déficitaires suite à l'impact de la prématurité. Ainsi, plusieurs auteurs observent des compétences numériques inférieures à celles des enfants nés à terme.

Actuellement, les naissances prématurées sont en augmentation. Les recherches montrent que les déficits peuvent être nombreux et variables d'un enfant à l'autre. Plusieurs auteurs montrent que l'âge gestationnel et le poids de naissance sont des facteurs importants dans la prédiction de l'étendue de ces difficultés.

Ainsi, nous réalisons ce travail dans le but d'éclaircir le lien entre les compétences digitales et les compétences arithmétiques chez le jeune enfant né prématurément, peu d'études ayant été réalisées sur cette population grandissante.

Question de recherche et Hypothèses

La revue de littérature nous a permis de faire l'état des recherches actuelles concernant le développement typique des compétences numériques. Ainsi, nous avons vu que l'enfant passe par différentes étapes avant de pouvoir entrer dans l'arithmétique. D'abord, l'enfant apprend la chaîne numérique verbale, la connaissance des mots-nombres étant la base pour développer le comptage et le dénombrement d'une collection. Puis, l'enfant apprend petit à petit à se représenter les quantités, avant de savoir associer une valeur cardinale à un nombre. La cardinalité est une étape importante dans la construction du système numérique, qui permettra à l'enfant de donner du sens au dénombrement et d'entrer dans l'arithmétique.

Pour soutenir le développement de ces étapes, plusieurs auteurs ont montré que l'utilisation des doigts a un rôle important à différents niveaux : comptage, cardinalité, entrée dans l'arithmétique (Roesch et Moeller, 2015 ; Gunderson, 2015), bien que tous ne s'accordent pas sur la nécessité des doigts dans le développement du système numérique (Nicoladis, 2010).

D'après plusieurs recherches, un lien important existe entre les compétences digitales et les compétences numériques. En effet, il a été observé que les gnosies digitales et les compétences en motricité fine seraient de bons prédicteurs des compétences numériques (Noël, 2005 ; Wasner et al., 2016).

Ainsi, nous sommes amenés à nous questionner concernant une population particulière, celle des jeunes enfants nés prématurément. En effet, nous savons que les enfants nés prématurément sont une population à risque de présenter des difficultés développementales (Lejeune et Gentaz, 2018 ; Wolke, 2018). Plus particulièrement, ces enfants sont susceptibles de présenter des difficultés motrices (Bos et al., 2013) ainsi que des difficultés scolaires (Simms et al., 2012), notamment des difficultés spécifiques dans l'apprentissage des mathématiques (Taylor et al., 2009).

Nous savons également que l'utilisation fonctionnelle des doigts dépend de compétences digitales, dont des capacités perceptives (gnosies digitales) et des capacités motrices (dissociation et coordination des doigts). Or, les compétences motrices des enfants nés prématurément, notamment les compétences en motricité fine tendent à être inférieures à celles des enfants nés à terme (Bos et al., 2013). Ainsi, l'utilisation fonctionnelle de leurs doigts pourrait leur demander plus d'efforts, notamment en contexte numérique, ce qui pourrait impacter le développement des compétences numériques de ces enfants.

Ainsi, les recherches apportées par la revue de littérature nous ont amenés à réfléchir sur différents points et à nous poser ces questions :

Les jeunes enfants nés prématurément présentent-ils des compétences digitales et/ou des compétences numériques inférieures à celles des enfants tout-venant ? Ces enfants présentent-ils une utilisation fonctionnelle des doigts en contexte numérique moindre que celle des enfants tout-venant ?

Afin de tenter de répondre à ce questionnement, nous allons le structurer en quatre sous-questions.

1. Compétences digitales du jeune enfant né prématurément

Les jeunes enfants nés prématurément présentent-ils des compétences digitales inférieures à celles des jeunes enfants tout-venant ?

Rappelons que les compétences digitales impliquent une composante perceptive (gnosies) et une composante motrice (dissociation et coordination des doigts). Nous avons vu précédemment que la prématurité peut avoir des répercussions à différents niveaux. Des auteurs (De kieviet et al., 2009, Bos et al., 2013) ont montré que les enfants nés prématurément étaient plus à risque de présenter des difficultés en motricité fine. Cela nous amène à nous questionner concernant la possibilité d'utiliser leurs doigts de manière fonctionnelle. Ainsi, il serait possible que ces enfants présentent des compétences digitales plus faibles que celles des enfants tout-venant.

Hypothèse : Nous supposons que les enfants nés prématurément ont un retard d'acquisition des compétences digitales dues à la prématurité (Bos et al, 2013).

Afin d'évaluer notre hypothèse, nous évaluerons les compétences gnosiques et motrices (divisée en deux sous-composantes : la dissociation des doigts et la coordination des doigts) d'enfants nés prématurément. Nous les comparerons ensuite avec des enfants nés à terme et appariés au niveau du genre et de l'âge chronologique. Les résultats de chaque tâche seront analysés (détails des tâches dans la partie méthodologie) et tendront vers notre hypothèse si nous observons que les enfants nés prématurément présentent des performances plus faibles que les enfants nés à terme qui leur sont appariés. Dans le cas contraire, si les performances des enfants nés prématurément sont équivalentes ou supérieures à celles des enfants tout-venant,

notre hypothèse sera rejetée. Les enfants nés prématurément ne présenteront pas de retard d'acquisition des compétences digitales (gnosiques et/ou motrices).

2. Compétences numériques du jeune enfant né prématurément

Les jeunes enfants nés prématurément présentent-ils des compétences numériques inférieures à celles des jeunes enfants tout-venant ?

Guarini et al. (2013) ont montré que les enfants nés prématurément présentaient des compétences inférieures aux enfants tout-venant dans certaines compétences numériques, telles que les activités de comptage et de dénombrement. De façon plus générale, plusieurs auteurs ont montré que les enfants nés prématurément pouvaient présenter des difficultés dans le développement des habiletés numériques (Taylor et al. 2009 ; Aarnoudse et al., 2011).

Hypothèse : Nous supposons que les enfants nés prématurément ont des compétences numériques inférieures aux enfants nés à terme, dues à la prématurité (Taylor et al. 2009).

Afin d'évaluer notre hypothèse, nous évaluerons les compétences numériques en modalité verbale d'enfants nés prématurément. Différentes tâches nous permettront d'évaluer ces compétences : tâche de litanie qui permettra d'évaluer la connaissance de la chaîne numérique verbale ; tâche de dénombrement ; tâche « Donne-moi » (production) et « tâche Montre-moi » (reconnaissance), qui permettront d'évaluer la maîtrise de la cardinalité ; tâche de fluence imagées qui permettra d'évaluer les premières compétences arithmétiques. Comme énoncé précédemment, nous les comparerons ensuite avec des enfants nés à terme. Les résultats de chaque tâche seront analysés et tendront vers notre hypothèse si nous observons que les enfants nés prématurément présentent des performances plus faibles que les enfants nés à terme qui leur sont appariés. Si les performances des enfants nés prématurément sont équivalentes ou supérieures à celles des enfants tout-venant, notre hypothèse sera rejetée. Les enfants nés prématurément ne présenteront pas de retard d'acquisition dans leur maîtrise de la cardinalité et dans leurs compétences numériques.

3. Utilisation fonctionnelle des doigts en contexte numérique chez le jeune enfant né prématurément

L'utilisation des doigts en contexte numérique serait-elle plus problématique chez les jeunes enfants nés prématurément que chez les jeunes enfants tout venant ?

Nous avons vu que les compétences digitales, notamment les gnosies digitales étaient un bon prédicteur des habiletés numériques (Noël, 2005 ; Wasner et al. 2016). Cela suggère un lien entre performances digitales et performances numériques. Ces observations nous amènent à nous questionner concernant la possibilité des enfants nés prématurément à utiliser leurs doigts de manière fonctionnelle. Nous supposons que les enfants nés prématurément présentent une possibilité moindre à utiliser leurs doigts dans les tâches numériques, et que par conséquent, ils obtiendraient des résultats moindres dans ces tâches. Ainsi, nous vérifierons la possibilité pour ces enfants d'utiliser leurs doigts dans les tâches numériques (« Donne-moi » et « Montre-moi » en modalité verbale et digitale) par le biais d'une analyse de variance mixte.

Hypothèse 1 : Nous supposons que les enfants nés prématurément ont des compétences inférieures aux enfants nés à terme dans les tâches numériques requérant les doigts (tâches numériques en modalité digitale : « Donne-moi » ; « Montre-moi »).

Hypothèse 2 : Une seconde hypothèse porterait sur le type d'activités demandées aux enfants en modalité digitale : production (tâche « Donne-moi ») ou reconnaissance (tâche « Montre-moi »). Nous supposons que les enfants nés prématurément ont des difficultés particulières lorsqu'ils doivent produire une collection sur base d'un nombre présenté digitalement par rapport à une simple reconnaissance de deux collections à réaliser sur base d'un nombre présenté avec les doigts.

Produire une collection implique plus d'engagements moteurs pour l'enfant né prématurément. Ces enfants étant à risque de présenter des difficultés motrices (Bos et al. 2013 ; Lejeune et Gentaz, 2018 ; Belanger et al., 2019), nous nous attendons à ce qu'ils aient des difficultés particulières dans la tâche « Donne-moi » en modalité digitale.

Afin d'évaluer nos hypothèses, nous évaluerons les compétences numériques en modalité digitale d'enfants nés prématurément grâce aux tâches « Donne-moi » (production) et « Montre-moi » (reconnaissance). Comme énoncé précédemment, nous comparerons ensuite avec le groupe d'enfants nés à terme.

Les résultats des tâches seront analysés et tendront vers notre hypothèse 1 si nous observons que les enfants nés prématurément présentent des performances plus faibles que les enfants nés à terme.

Les résultats tendront vers notre hypothèse 2 si nous observons que les enfants nés prématurément présentent plus de difficultés dans la tâche en production que dans la tâche en reconnaissance.

Si les performances des enfants nés prématurément sont équivalentes ou supérieures à celles des enfants tout-venant, nos hypothèses seront rejetées. Les enfants nés prématurément ne présenteront pas de retard dans l'utilisation fonctionnelle de leurs doigts lors de la réalisation de tâches numériques (hypothèse 1), et/ou, le type d'activité (production ou reconnaissance) ne sera pas impacté (hypothèse 2).

4. Caractéristiques de la prématurité

Les caractéristiques de la prématurité (nombre de semaines et poids de naissance) sont-elles en lien avec les performances motrices et/ou numériques chez le jeune enfant ?

Nous ajoutons cette dernière sous-question afin de contrôler l'influence de la prématurité dans les éventuelles difficultés qui seraient observées. En effet, l'âge gestationnel est une variable importante dans le développement des fonctions exécutives (Mulder et al., 2009) et dans le développement langagier (Putnick et al., 2017). Nous pouvons supposer que cette variable est également importante pour le reste du développement de l'enfant.

Plusieurs auteurs soulignent que le poids de naissance aurait également une influence sur la présence de certaines difficultés. D'après Lejeune et Gentaz (2018) plus le poids de l'enfant serait faible, plus le risque de présenter des difficultés développementales serait important. De plus, Taylor et al. (2009) ont montré que les enfants nés prématurément et/ou ayant un poids inférieur à 1500gr, ont tendance à présenter des difficultés spécifiques en mathématiques.

Hypothèse : Nous supposons que la prématurité et/ou un faible poids à la naissance ont une influence sur les performances motrices et les performances numériques chez le jeune enfant (Taylor et al. 2009 ; Lejeune et Gentaz, 2018).

Afin d'évaluer notre hypothèse, nous vérifierons l'existence d'un lien entre les caractéristiques de la prématurité (âge gestationnel et poids de naissance) et les résultats aux tâches de compétences digitales des enfants par le biais d'une analyse de corrélation. Les résultats tendront vers notre hypothèse si nous observons que les enfants nés prématurément présentent des performances plus faibles que les enfants nés à terme. Si les performances entre les enfants sont équivalentes, notre hypothèse sera rejetée. Les caractéristiques de la prématurité n'auront pas de lien avec les performances motrices et/ou numériques.

Méthodologie

Pour cette étude, nous avons obtenu l'accord du comité éthique de l'Université de Liège et celui du CHR de la Citadelle à Liège. Les parents ont donné leur accord pour que leur enfant participe à cette étude en signant un formulaire de consentement.

1) Participants

Les sujets contrôles (SC) ont été recrutés grâce à des lettres d'informations distribuées dans les écoles suite à l'accord de la direction de l'école. Les sujets nés prématurément (SP) ont été recrutés en contactant les parents par téléphone grâce à la liste de contact fournie par le C.H.R de la Citadelle.

Ainsi, 49 enfants ont été rencontrés et testés :

- 3 enfants tout-venant et 2 enfants nés prématurément ont été exclus (résultats inférieurs à la moyenne dans les tâches contrôles).
- 14 n'ont pas pu être appariés avec un autre sujet du même âge chronologique au vu de la situation sanitaire actuelle (COVID).
- 30 ont été retenus : quinze enfants nés à terme et quinze enfants nés prématurément.

Chaque groupe se compose de 8 filles et 7 garçons. Les groupes sont appariés en fonction du genre et de l'âge chronologique.

Le groupe de sujets contrôles (Groupe SC) se compose d'enfants nés à terme (âge gestationnel supérieur à 37 semaines d'aménorrhée).

Le groupe de sujets nés prématurément (Groupe P) se compose de 4 enfants nés à 33 et 34 semaines d'aménorrhée (prématurité moyenne), 10 enfants nés entre 28 et 32 semaines d'aménorrhée (grande prématurité) et 1 enfant né à 27 semaines d'aménorrhée (prématurité extrême). La taille de l'échantillon étant déjà réduite, nous avons fait le choix de faire un seul groupe. Ainsi, lorsque nous parlons des « enfants nés prématurément », nous incluons la prématurité moyenne, la grande prématurité et l'extrême prématurité.

Les participants ont été sélectionnés suivant ces critères :

D'après la littérature, les premières compétences numériques, notamment le dénombrement et la cardinalité se développent autour de 3 – 4 ans (Gelman et Meck, 1983 ; Sanecka et al. 2007).

Ainsi, les jeunes enfants participant à cette étude sont âgés de 3 ans 3 mois à 4 ans 8 mois.

Les sujets sont scolarisés en première ou deuxième maternelle en milieu ordinaire et d'après les parents, ne présentent pas de troubles associés.

Pour finir, nous avons contrôlé les compétences en raisonnement non-verbal ainsi que les compétences langagières de tous les sujets afin de vérifier qu'il n'y ait pas de différences entre les deux groupes, et neutraliser ainsi une quelconque influence. Ainsi, les différences observées entre les deux groupes ne s'expliqueront pas par un déficit langagier ou par un déficit dans le raisonnement.

Tableau 1 : Caractéristiques des sujets

	Enfants nés à terme (n = 15)	Enfants nés prématurément (n = 15)
Age gestationnel (semaines)		
<i>Moy. (E.T)</i>	-	30.47 (2.17)
<i>Min. – Max.</i>		25 – 34
Age chronologique (mois)		
<i>Moy. (E.T)</i>	48.6 (5.25)	48.6 (4.08)
<i>Min. – Max.</i>	39 - 56	39 - 56

2) Description des tâches

Tableau 2 : Présentation des tâches contrôles digitales et numériques (et leurs modalités)

	Tâches	
<i>Tâches contrôles</i>	<u>Raisonnement non verbal</u>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Catégories - Analogies - Situations 	
<i>Tâches contrôles</i>	<u>Tâches de langage</u>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Compréhension de mots - Dénomination d'images 	
<i>Tâches digitales</i>	Gnosies	
	Configurations	
	Praxies mélokinétiques	
<i>Tâches numériques</i>	Litanie	
	Dénombrement	
	Donne moi	Modalité : Verbale
		Modalité : Digitale
	Montre moi	Modalité : Verbale
		Modalité : Digitale
Fluences arithmétiques imagées		

a. Tâches contrôles

Nous avons fait passer les tâches de raisonnement non verbal de la batterie SON-R et les tâches de langage de la batterie WPPSI-IV, afin de classer et mesurer l'intelligence des sujets. Nous avons exclu les sujets ayant obtenu un score inférieur à la moyenne des enfants de leur âge dans ces différentes tâches. Nous considérons que l'échec à ces tâches ne nous permettra pas de réaliser le reste du testing. Par conséquent, les sujets avec déficience intellectuelle, faiblesses dans le raisonnement, ou difficultés langagières trop importantes, seront exclus. De plus, l'étude de Taylor (2009) évaluant les difficultés en mathématiques chez les enfants nés prématurément, montre que les résultats du groupe d'enfants né prématurément restent inférieurs au groupe d'enfant tout venant, même après avoir exclu les sujets ayant un handicap, ou un QI inférieur à la moyenne. Nous supposons donc qu'en faisant ce choix, l'échantillon restera représentatif de la population.

Évaluation du raisonnement non verbal

Nous avons évalué le raisonnement non verbal de la SON-R (2,5 – 7 ans) grâce aux tâches : Catégories, Analogies, et Situations. Les résultats aux trois tâches sont mis en commun afin d'obtenir une note brute, transformée par la suite en note standard. On obtient ainsi un indice de raisonnement. Selon le score obtenu, le sujet a été inclus ou non dans l'étude.

- Catégories

La tâche est composée de deux parties. Premièrement, l'enfant doit classer quatre ou six cartes selon la catégorie à laquelle elles appartiennent (items 1 à 7).

Nous attirons l'attention de l'enfant vers les images et nous plaçons les deux premières cartes pour l'item 1, puis nous l'invitons à continuer seul. Si nécessaire, il est possible d'aider à l'enfant à placer les deux premières cartes pour les items 3 à 5.

Dans la seconde partie de la tâche, l'enfant doit identifier parmi des distracteurs deux images appartenant à la catégorie présentée (items 8 à 15). Trois images présentant une caractéristique commune (ex : animaux) sont sur la page de gauche, et cinq images sont disposées sur la page de droite. Seules deux images sont correctes et pourront être déplacées par l'enfant à la suite des images de la page de gauche. Un item d'exemple est réalisé avec l'enfant, puis nous le

laissons continuer seul. À partir de l'item 10, il n'y a plus de cartes que l'enfant peut manipuler, mais seulement des images.

Un point est accordé lorsque l'enfant place seul quatre cartes pour l'item 1 et six cartes pour les items 2 à 7.

- Analogies

L'enfant doit trier trois à cinq jetons en fonction de la forme, couleur, et/ou taille présentées sur le livret. Il doit placer correctement les jetons dans l'un des deux compartiments du livret placé devant lui. La tâche comporte 10 items. Le premier item est réalisé avec l'enfant. Les items 2 à 5 comportent deux jetons exemples (placés par l'examineur), les items 6 et 7 comportent un jeton d'exemple et les items 8 à 10 ne comportent plus d'exemples.

Nous corrigeons l'enfant lorsque celui-ci se trompe, jusqu'à ce que tous les jetons se retrouvent dans le bon compartiment.

Un point est accordé lorsque l'enfant place seul trois jetons pour les items 1 et 2, quatre jetons pour les items 3 et 4 et cinq jetons pour les items 5 à 10.

- Situations

La tâche est composée de deux parties. Premièrement, quatre moitiés d'images sont présentées sur une page. L'enfant doit replacer au bon endroit les cartes représentant la moitié manquante.

Ensuite, un dessin est présenté à l'enfant avec une ou deux parties manquantes, symbolisées par des carrés blancs. Il doit retrouver les cartes représentant les parties manquantes parmi cinq ou six possibilités. À partir de l'item 9, il n'y a plus de cartes que l'enfant peut manipuler, seulement des dessins qu'il doit alors montrer.

Un point est accordé lorsque toutes les images sont à la bonne place.

Évaluation du langage

Nous avons évalué les compétences langagières grâce aux tâches : Compréhension de mots et Dénomination d'images de la WPPSI IV (2,6 – 3,11 ans) et (4 – 7,7 ans). Comme pour les épreuves précédentes, les résultats à ces tâches sont mis en commun et permettent d'obtenir un Indice d'Acquisition Verbale (IAV). Selon le score obtenu, le sujet était inclus ou non dans l'étude.

- Compréhension de mots

L'enfant doit désigner l'image correspondant au mot énoncé parmi 4 images.

Nous lui demandons : « *Montre-moi le ...* ».

La tâche comporte trente et un items et s'arrête après trois erreurs consécutives.

Un point est accordé par réponse correcte.

- Dénomination d'images

L'enfant doit nommer les images qu'il voit apparaître à l'écran.

Nous lui demandons : « *Qu'est-ce que c'est ?* »

La tâche comporte vingt-quatre items et s'arrête après trois erreurs consécutives.

Un point est accordé par réponse correcte.

b. Tâches digitales

- Tâche de gnosies digitales

Cette tâche nous permet d'évaluer si l'enfant sait reconnaître ses doigts suite à une stimulation tactile sans qu'il puisse voir le doigt qui a été touché.

Nous montrons à l'enfant une feuille cartonnée en lui donnant la consigne suivante : « *Je vais cacher ta petite main, et je vais toucher un de tes doigts. Puis, avec l'autre main, on va voir si tu sais retrouver quel doigt j'ai touché* ».

Nous demandons à l'enfant de placer sa main bien à plat sur la table avec les doigts bien écartés.

La tâche comprend huit items à réaliser (sachant que l'index, le majeur, et l'annulaire sont touchés deux fois) avec la main droite, puis avec la main gauche.

Un point est accordé pour chaque réponse correcte.

- Imitation de configurations de doigts

Nous demandons à l'enfant de reproduire dix configurations de doigts avec la main droite, puis avec la main gauche. Cela implique des capacités de dissociation des doigts.

Nous demandons à l'enfant : « *Regarde, est-ce que tu sais faire la même chose avec tes doigts ?* ».

Nous retrouvons des configurations correspondant à un chiffre (configurations digitales numériques) et d'autres configurations plus complexes (configurations digitales non numériques).



Configuration digitale numérique



Configuration digitale non numérique

Un point est accordé pour chaque réponse correcte.

- Praxies mélokinétiques (Vossius 2015 et Theron 2016)

Cette tâche implique de réaliser trois praxies avec la main droite, puis avec la main gauche. Cela permet d'évaluer les capacités de l'enfant pour coordonner son geste.

Pour chaque item, le geste est montré lentement à l'enfant, en accentuant le découpage des gestes. Nous demandons à l'enfant :

1. « *Regarde, fais du piano comme moi en commençant par le pouce* ». L'enfant doit poser ses doigts un à un sur la table.
2. « *Regarde, fais comme moi* ». L'enfant doit délier ses doigts lentement.
3. « *Regarde, fais comme moi* ». L'enfant doit toucher son pouce avec chacun de ses doigts, un à un.

Un point est accordé pour chaque réponse correcte.

c. Tâches numériques

- Tâche de litanie

Cette tâche permet d'évaluer la connaissance de la chaîne numérique verbale (CNV). Elle se déroule en deux parties. Premièrement, nous demandons à l'enfant : « *Est-ce que tu peux compter le plus loin possible ?* » Nous lui demandons ensuite de reprendre une seconde fois : « *Ouff tu as compté super vite, je n'ai pas bien tout entendu, est-ce que tu peux recommencer ?* ». Ainsi, nous notons le nombre jusqu'auquel l'enfant sait réciter sans se tromper, à deux reprises. Cela correspond à l'ordre stable conventionnel.

- Dénombrement

Cette tâche permet d'évaluer les capacités de dénombrement de l'enfant, ainsi que ses capacités à donner une réponse cardinale après avoir dénombré la collection.

Nous présentons une série d'images à l'enfant : « *Peux-tu me dire combien il y a de ... ?* »

- Si l'enfant compte les éléments sans donner de réponse cardinale à la fin de son comptage, nous lui demandons : « *ça fait combien en tout ?* »
- Si l'enfant donne une réponse incorrecte sans avoir compté, nous lui demandons : « *Peux-tu compter et me dire combien il y a de ... ?* ». À nouveau, si aucune réponse cardinale n'est donnée, nous demandons « *ça fait combien en tout ?* »

L'enfant devra dénombrer des séries de : 2, 5, 9, 6, 8, et 3 éléments. Des quantités petites, moyennes et grandes sont présentées de façon aléatoire.

Un point est accordé lorsque le dénombrement et la réponse cardinale donnée sont corrects.

- « Donne-moi » (Vossius 2015 et Theron 2016, inspiré de Wynn 1990)

Cette tâche sera administrée en modalité verbale et en modalité digitale. Elle nous informe sur le niveau de cardinalité acquis par l'enfant en production.

- « Donne-moi » – modalité verbale

Nous demandons à l'enfant : « *Voici les pièces, peux-tu m'en donner n ?* »

La tâche comporte dix items, de 1 à 10. L'enfant a à sa disposition une quinzaine de jetons sur la table. À chaque item réussi, nous augmentons de un ($x+1$) (toujours dans l'ordre de la CNV). Inversement, à chaque item échoué nous revenons à l'item précédent.

La tâche s'arrête lorsque l'enfant s'est trompé deux fois sur un même item. Le niveau cardinal de l'enfant est alors la plus grande numérosité pour laquelle l'enfant a obtenu 2/3.

Il est possible que l'enfant fasse une erreur de dénombrement et donne une réponse correspondant à $x+1$ ou $x-1$. Dans ce cas nous accordons le point, sachant qu'une seule erreur de dénombrement est autorisée.

- « Donne-moi » – modalité digitale

Nous demandons à l'enfant : « *Voici les pièces, peux-tu me donner ça ?* » Nous montrons une configuration de doigts à l'enfant, en la laissant bien visible jusqu'à ce que l'enfant ait donné sa réponse.

La tâche se déroule de la même façon que « Donne-moi – entrée verbale » et le système de cotation est le même.

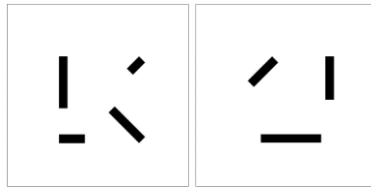
- « Montre-moi » – reconnaissance de collections

Cette tâche sera administrée en modalité verbale et en modalité digitale. Elle permet de rendre compte du développement du principe de cardinalité de l'enfant en reconnaissance de collections.

- « Montre-moi » - modalité verbale

Nous demandons à l'enfant : « *Tu vois ces deux images ? Montre-moi où il y a n* ».

La tâche comporte dix items dont les cibles représentent des collections de bâtonnets.



Chaque item propose deux cibles qui diffèrent toujours de un. Ainsi, l'enfant doit être précis dans son comptage. De plus, la tâche a été créée de façon à ce que les variables perceptives n'influencent pas le choix de l'enfant (les collections prennent le même espace au sein du cadre et la quantité de couleur noire est identique sur les deux cibles).

Un point est accordé pour chaque réponse correcte.

- « Montre-moi » - modalité digitale

Nous demandons à l'enfant : « *Tu vois ces deux images ? Montre-moi où il y a n* (Montrer la configuration de doigts) ».

L'enfant doit montrer la cible ayant le nombre de bâtonnets correspondant à la configuration qui lui est présentée. Comme dans la tâche précédente, chaque item propose deux cibles qui diffèrent toujours de un.

La tâche comporte dix items allant de un à dix : petites numérosités 1 à 4, moyenne 5 à 7, grandes 8 à 10. Ces données seront regroupées pour être analysées, la note totale obtenue pour cette tâche sera utilisée.

Un point est accordé pour chaque réponse correcte.

- Fluences arithmétiques imagées (Noël, 2009)

Cette tâche permet d'évaluer les premières capacités arithmétiques de l'enfant. La tâche comporte dix items. Elle est chronométrée, et s'arrête après 150 secondes.

Nous annonçons à l'enfant : « *Je vais te poser des questions et tu vas essayer de répondre le plus vite possible, car tu n'as pas beaucoup de temps. Le but du jeu est d'essayer de me donner le plus possible de bonnes réponses, d'accord ? Tu peux utiliser des jetons qui sont ici si ça peut t'aider. Tu es prêt ?* »

Nous demandons à l'enfant de réaliser de petites additions sur présentation d'images : « *Il y a un papillon dans le ciel. « Si » un autre papillon vient voler avec lui, combien de papillons y aura-t-il en tout ?* ».

Cet exercice demande un certain niveau d'abstraction, car le second papillon n'est pas représenté. L'enfant a la possibilité de le symboliser à l'aide de jetons mis à sa disposition.

Un point est accordé pour chaque réponse correcte.

3) Déroulement des passations

Les testings ont été réalisés à l'école ou bien à domicile, de façon à ne pas imposer de contrainte de déplacement aux parents. Les testings se sont déroulés dans une pièce calme, à l'école comme à la maison, afin que les conditions de passations soient optimales. Lorsque le parent était présent, il était invité à ne pas intervenir dans les réponses de l'enfant. À l'école, les séances respectaient le rythme de l'enfant et n'intervenait jamais sur le temps de la collation, récréation, ou gym.

Chaque sujet a réalisé huit tâches contrôles, trois tâches digitales et onze tâches numériques (toutes les tâches ne seront pas analysées ici, certaines faisant partie d'un protocole plus large). Les tâches contrôles étaient toujours réalisées lors de la première séance. Nous avons deux ordres de passations des tâches : passation des tâches digitales en premier ou passation des tâches numériques en premier, afin de neutraliser une quelconque influence, telle que la fatigue de l'enfant.

Le testing durait environ une heure. Il se faisait sur deux séances d'une demi-heure environ, ou sur trois séances de vingt minutes environ, en fonction de l'attention et de la motivation de l'enfant. Nous étions amenés à rencontrer l'enfant une à deux fois.

Résultats

Tout d’abord, rappelons le questionnement principal ainsi que les sous questions :

Les jeunes enfants nés prématurément présentent-ils des compétences digitales et/ou des compétences numériques inférieures à celles des enfants tout-venant ? Ces enfants présentent-ils une utilisation fonctionnelle des doigts en contexte numérique moindre que celle des enfants tout-venant ?

- 1. Les jeunes enfants nés prématurément présentent-ils des compétences digitales inférieures à celles des jeunes enfants tout-venant ?*
- 2. Les jeunes enfants nés prématurément présentent-ils des compétences numériques inférieures à celles des jeunes enfants tout-venant ?*
- 3. L’utilisation des doigts en contexte numérique serait-elle plus problématique chez les jeunes enfants nés prématurément que chez les jeunes enfants tout-venant ?*
- 4. Les caractéristiques de la prématurité (nombre de semaines et poids) sont-elles en lien avec la présence de difficultés digitales et/ou la présence de difficultés numériques chez le jeune enfant ?*

Tableau 3 : Statistiques descriptives

	Tâches	Groupe SC M (SD)	Groupe P M (SD)	
Tâches contrôles	Raisonnement Non Verbal	105.13 (9.8)	104 (8.31)	
	Tâches de Langage	98.07 (13.16)	98.2 (15)	
Tâches digitales	Gnosies	11.33 (4.3)	11 (5.01)	
	Configurations	13.4 (2)	13.87 (3.09)	
	Praxies Mélokinétiques	3.53 (2.07)	2.93 (1.98)	
Tâches numériques	Litanie	7.53 (6.87)	5 (4.18)	
	Dénombrement (cardinalité)	2.87 (2.72)	3.46 (2.48)	
	Donne-moi	Verbale	3.93 (3.37)	3.33 (1.92)
		Digitale	3.93 (2.4)	3.4 (2.03)
	Montre-moi	Verbale	6.8 (1.78)	7.4 (1.72)
		Digitale	6.87 (1.55)	7.13 (1.51)
	Fluences imagées	1.53 (1.69)	1.87 (2)	

Les différentes analyses statistiques ont été réalisées sur les deux groupes de 15 enfants ayant été présentés précédemment.

Nous constatons qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes dans les tâches contrôles, nous pouvons donc bien confirmer que les enfants nés prématurément ne présentent pas de retard pouvant expliquer les résultats obtenus.

Pour répondre aux questions de recherches précédemment énoncées, nous avons réalisé différentes analyses statistiques.

Le test paramétrique **t de student sur échantillons appariés** a été utilisé, pour répondre aux deux premières sous-questions (compétences digitales ; compétences numériques). Étant donné la taille réduite de notre échantillon, nous avons également appliqué le test non paramétrique de Wilcoxon pour échantillon apparié afin de confirmer les résultats obtenus à l'aide du test paramétrique.

Le test t de student sur échantillons appariés nous a permis de comparer deux à deux les moyennes des scores obtenus par les sujets dans les tâches correspondantes aux questions de recherches. Ce test a été réalisé dans le but d'évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants tout-venant.

Une **analyse de variance** (Anova) mixte pour un schéma [2 groupes (Groupe SC – Groupe P) x 2 tâches (Donne-moi – Montre-moi) x 2 modalités (Verbale – digitales)] a été utilisée pour répondre à la troisième sous-question (compétences motrices et compétences numériques). Ce test a été réalisé dans le but d'observer :

- Les compétences des enfants nés prématurément dans certaines tâches (tâches numériques) et dans une certaine modalité (modalité digitale vs. verbale).
- Les compétences des enfants nés prématurément dans certaines activités réalisées en modalité digitale : la production d'une collection et la reconnaissance d'une collection.

Une **analyse de corrélation** a été réalisée pour étudier le lien entre les caractéristiques de la prématurité (âge gestationnel et poids de naissance) et la présence de difficultés digitales et/ou la présence de difficultés numériques des enfants nés prématurément. Nous avons donc analysé le lien entre l'âge gestationnel et poids de naissance des enfants nés prématurément, et les scores obtenus dans les tâches digitales et tâches numériques.

Étant donnée la taille réduite de l'échantillon, nous avons confirmé les statistiques paramétriques grâce aux statistiques non paramétriques lorsque cela était possible. Les résultats des tests non paramétriques correspondent bien à ceux obtenus avec les tests paramétriques.

1. Compétences digitales du jeune enfant né prématurément

Pour répondre à la question 1 (Les jeunes enfants nés prématurément présentent-ils des compétences digitales inférieures à celles des jeunes enfants tout-venant ?), un test t de student sur échantillon appariés a été réalisé.

Ce test a été utilisé dans le but de comparer les performances des enfants nés prématurément à celles des enfants nés à terme dans les tâches digitales (gnosies, configuration, praxies mélokinétiques).

Le test t de student sur échantillon appariés a été réalisé pour évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants nés à terme dans la **tâche de gnosies**. Les résultats ne montrent pas une différence significative entre les deux groupes ($t(14) = 0.183$, $p = .857$, Cohen $d = .047$). Le test non paramétrique de Wilcoxon confirme cette absence de différence significative ($W = 61$, $p = 0.977$).

Les enfants du groupe SC (moy. = 11.33, EC = 4.30) et les enfants du groupe P (moy. = 11, EC = 5.01) présentent des performances similaires.

Le test t de student sur échantillon appariés a été réalisé pour évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants nés à terme dans la **tâche de configuration**. Les résultats ne montrent pas une différence significative entre les deux groupes ($t(14) = -0.62$, $p = .543$, Cohen $d = -0.161$). Le test non paramétrique de Wilcoxon confirme cette absence de différence significative ($W = 42$, $p = .525$, Cohen $d = -0.2$).

Les enfants du groupe SC (moy. = 13.4, EC = 3.09) et les enfants du groupe P (moy. = 13.87, EC = 3.09) présentent des performances similaires.

Le test t de student sur échantillon appariés a été réalisé pour évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants nés à terme dans la **tâche de praxies mélokinétiques**. Les résultats ne montrent pas une différence significative entre les deux groupes ($t(14) = .838$, $p = .416$, Cohen $d = 0.216$). Le test non paramétrique de Wilcoxon confirme cette absence de différence significative ($W = 62.5$, $p = 0.547$, Cohen $d = 0.19$)

Les enfants du groupe SC (moy. = 3.53, EC = 2.07) et les enfants du groupe P (moy. = 2.93, EC = 1.98) présentent des performances similaires.

D'après ces résultats non significatifs, les enfants nés prématurément présentent des compétences digitales similaires aux enfants tout-venant.

2. Compétences numériques du jeune enfant né prématurément

Pour répondre à la question 2 (Les jeunes enfants nés prématurément présentent-ils des compétences numériques inférieures à celles des jeunes enfants tout-venant ?), un test T de student sur échantillon appariés a été réalisé.

Ce test a été utilisé dans le but de comparer les performances dans les tâches numériques (litanie, dénombrement, cardinalité (Donne-moi – Montre-moi) en modalité verbale, fluences imagées) des enfants nés prématurément à celles des enfants nés à terme.

Le test t de student sur échantillon appariés a été réalisé pour évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants nés à terme dans la **tâche de litanie**. Les résultats ne montrent pas une différence significative entre les deux groupes ($t(14) = 1.538$, $p = .146$, Cohen $d = .397$). Le test non paramétrique de Wilcoxon confirme cette absence de différence significative ($W = 51$, $p = .363$, Cohen $d = .308$).

Les enfants du groupe SC (moy. = 7.533, EC = 6.865) et les enfants du groupe P (moy. = 5, EC = 4.175) présentent des performances similaires.

Le test t de student sur échantillon appariés a été réalisé pour évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants nés à terme dans la **tâche de dénombrement**. Les résultats ne montrent pas une différence significative entre les deux groupes ($t(14) = -.854$, $p = .407$, Cohen $d = -.221$). Le test non paramétrique de Wilcoxon confirme cette absence de différence significative ($W = 20$, $p = .472$, Cohen $d = -.273$).

Les enfants du groupe SC (moy. = 2.867, EC = 2.722) et les enfants du groupe P (moy. = 3.467, EC = 2.475) présentent des performances similaires.

Le test t de student sur échantillon appariés a été réalisé pour évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants nés à terme dans la **tâche « Donne-moi » en modalité verbale**. Les résultats ne montrent pas une différence significative

entre les deux groupes ($t(14) = .764$, $p = .458$, Cohen $d = -.197$). Le test non paramétrique de Wilcoxon confirme cette absence de différence significative ($W = 33$, $p = .609$, Cohen $d = .200$).

Les enfants du groupe SC (moy. = 3.933, EC = 3.369) et les enfants du groupe P (moy. = 3.333, EC = 1.915) présentent des performances similaires.

Le test t de student sur échantillon appariés a été réalisé pour évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants nés à terme dans la **tâche « Montre-moi » en modalité verbale**. Les résultats ne montrent pas de différence significative entre les deux groupes ($t(14) = -.88$, $p = .394$, Cohen $d = -.227$). Le test non paramétrique de Wilcoxon confirme cette absence de différence significative ($W = 19$, $p = .41$, Cohen $d = -.309$).

Les enfants du groupe SC (moy. = 6.8, EC = 1.781) et les enfants du groupe P (moy. = 7.4, EC = 1.724) présentent des performances similaires.

Le test t de student sur échantillon appariés a été réalisé pour évaluer les différences entre les résultats des enfants nés prématurément et ceux des enfants nés à terme dans la **tâche de fluences imagées**. Les résultats ne montrent pas une différence significative entre les deux groupes ($t(14) = -.48$, $p = .639$, Cohen $d = -.124$). Le test non paramétrique de Wilcoxon confirme cette absence de différence significative ($W = 22.5$, $p = .644$, Cohen $d = -.182$).

Les enfants du groupe SC (moy. = 1.533, EC = 1.685) et les enfants du groupe P (moy. = 1.867, EC = 1.995) présentent des performances similaires.

D'après ces résultats non significatifs, les enfants nés prématurément présentent des compétences numériques similaires aux enfants tout-venant.

3. Difficultés motrices et difficultés numériques chez le jeune enfant né prématurément

Pour répondre à la question 3, (*L'utilisation des doigts en contexte numérique serait-elle plus problématique chez les jeunes enfants nés prématurément que chez les jeunes enfants tout-venant ?*) nous avons réalisé une Anova mixte :

2 tâches (production - reconnaissance) x 2 groupes (enfants nés prématurément – enfants tout-venant) x 2 modalités (verbale – digitale).

Cette analyse a été réalisée afin de confirmer ou infirmer nos deux hypothèses : tout d'abord, nous souhaitons observer les performances dans les tâches numériques digitales (Donne-moi et Montre-moi, modalité digitale) dans les deux groupes, afin d'évaluer si l'une des deux tâches était plus complexe que l'autre ; puis, plus particulièrement, nous souhaitons observer les résultats obtenus dans ces deux tâches, et dans les deux groupes, selon le type d'activité : en production et en reconnaissance, afin d'évaluer si l'une des modalités était plus complexe que l'autre.

Les analyses statistiques révèlent seulement un effet principal significatif.

L'effet principal de la tâche est significatif ($F(1,14) = 123.857, p < .001$). La tâche en production est moins bien réalisée que la tâche de reconnaissance quelle que soit la modalité et quel que soit le groupe.

L'effet principal du groupe ($F(1,14) = 0.018, p = .896$) et l'effet principal de la modalité ($F(1,14) = .022, p = .885$) ne sont pas significatifs.

Les interactions doubles tâche x groupe ($F(1,14) = 2, p = .179$), tâche x modalité ($F(1,14) = .151, p = .703$), groupe x modalité ($F(1,14) = .074, p = .790$) sont elles aussi non significatives.

L'interaction triple tâche x groupe x modalité n'est pas significative non plus ($F(1,14) = .198, p = .663$). Cela indique que l'un des groupes ne présente pas plus de difficultés dans une tâche et dans une modalité particulière. Ainsi, notre hypothèse n'est pas confirmée. Les enfants nés prématurément ne sont pas plus en difficultés dans les tâches numériques digitales que les enfants tout venant.

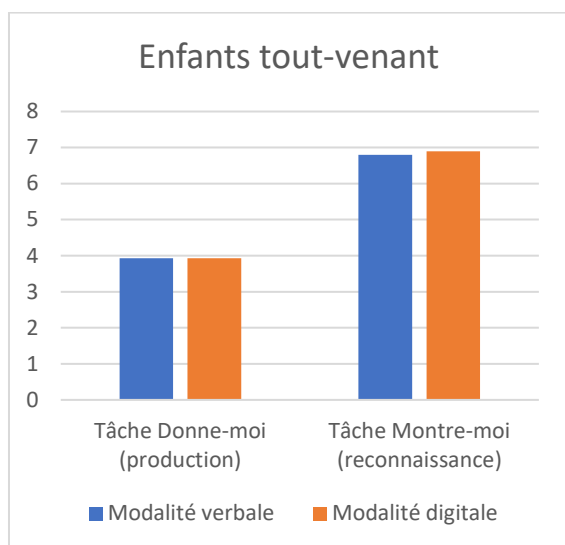


Figure 2 : Scores moyens obtenus dans les tâches numériques en production et en reconnaissance en modalité verbale et digitale chez les jeunes enfants nés à terme.

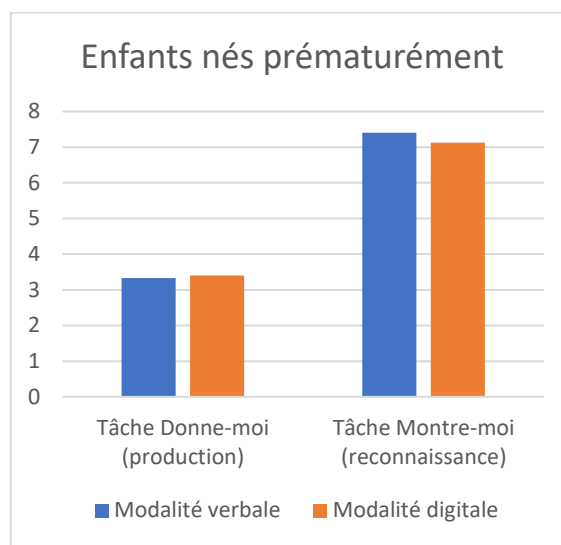


Figure 3 : Scores moyens obtenus dans les tâches numériques en production et en reconnaissance en modalité verbale et digitale chez les jeunes enfants nés prématurément.

Grâce à l’Anova réalisée ci-dessus, nous pouvons infirmer notre seconde hypothèse car l’effet principal de la tâche est significatif ($F(1,14) = 123.857, p < .001$). Ainsi, la tâche de production est toujours moins bien réalisée que la tâche de reconnaissance. Ceci est observé dans les deux groupes, sans différence entre les enfants nés prématurément et les enfants tout-venant (l’interaction tâche * groupe ($F(1,14) = 2, p = .179$) est non significative).

4. Caractéristiques de la prématurité

Pour répondre à la question 4 (*Les caractéristiques de la prématurité (nombre de semaines et poids de naissance) sont-elles en lien avec les performances digitales et/ou numériques chez le jeune enfant ?*) et afin d’observer, dans un premier temps, un lien entre les caractéristiques de la prématurité et les résultats aux tâches de compétences digitales, nous avons réalisé des analyses de corrélations sur le groupe d’enfants nés prématurément.

Tableau 4 : Corrélations entre les caractéristiques de la prématurité et les résultats aux tâches de compétences digitales.

	Gnosies	Imitation	Praxies
Semaines	-.039 p = .889	-.118 p = .675	-.308 p = .263
Poids	.392 p = .149	.370 p = .175	.265 p = .340

Les résultats obtenus grâce aux analyses réalisées ne permettent pas de confirmer notre hypothèse. Aucune corrélation significative n'a été obtenue.

Dans un second temps, afin d'observer un éventuel lien entre les caractéristiques de la prématurité et les résultats aux tâches de compétences numériques, nous avons réalisé des analyses de corrélations sur le groupe d'enfants nés prématurément.

Tableau 5 : Corrélations entre les caractéristiques de la prématurité et les résultats aux tâches de compétences numériques.

	Litanie	Dénombrement	Donne-moi		Montre-moi		Fluences
			Verbale	Digitale	Verbale	Digitale	
Age gestationnel	-.324 p = .239	-.283 p = .841	-.126 p = .654	-.062 p = .827	-.302 p = .274	.062 p = .341	-.051 p = .858
Poids	.032 p = .909	-.039 p = .564	.563* p = .029*	.550* p = .034*	.345 p = .208	.371 p = .222	.240 p = .389

Légende : Les scores en **gras*** sont significatifs, $p < .05$

Nous observons deux corrélations significatives entre le poids de naissances et les scores de la tâche Donne-moi, en modalité verbale [$r = .563$; $p = .029$] et en modalité digitale [$r = .550$; $p = .034$]. La variable « Poids » semble avoir un impact plus important que la variable « Age gestationnel ».

Discussion

Chaque année, environ 15 millions de bébés naissent prématurément dans le monde, ce qui équivaut à 11% des naissances par an. Le nombre de naissances vivantes étant en augmentation, les enfants, adolescents, et adultes nés prématurément sont de plus en plus nombreux. Les facteurs de risques en lien avec la prématurité ont été beaucoup étudiés et il est reconnu que cette population est susceptible de présenter des difficultés liées au développement cognitif, au développement langagier et moteur, ainsi qu'à la réussite scolaire et sociale (De Kievet et al., 2009 ; Wolke, 2018 ; Lejeune et Gentaz, 2018). Pourtant, si on considère le continuum où, d'un côté, se trouvent les enfants tout-venant, et de l'autre, les enfants présentant de lourds déficits, il est difficile de situer les enfants nés prématurément. D'après Wolke (2018), personne n'a su identifier les facteurs permettant d'expliquer pourquoi, parmi cette population présentant des facteurs de risques similaires, certains enfants nés prématurément seront amenés à développer des difficultés et d'autres non.

Les mathématiques sont très présentes dans notre vie quotidienne, c'est pourquoi le développement des compétences numériques a une grande importance, notamment au cours de la scolarité (Noël et Karagiannakis, 2020). La littérature nous a montré que les enfants nés prématurément sont susceptibles de présenter des difficultés motrices ainsi que des difficultés spécifiques aux apprentissages des mathématiques. De plus, plusieurs auteurs ont identifié le rôle des doigts comme étant important dans le développement des habiletés numériques et arithmétiques (Noël, 2005 ; Roesch et Moeller 2015 ; Gunderson, 2015). Ainsi, nous pouvons supposer que les potentielles difficultés motrices de l'enfant né prématurément pourraient entraîner une utilisation moindre des doigts, notamment lors de la réalisation d'une activité numérique, ce qui aurait des répercussions sur les compétences numériques de ces enfants.

L'objectif de ce travail était donc d'étudier l'utilisation fonctionnelle des doigts chez le jeune enfant né prématurément. Nous avons également étudié les variables biologiques âge gestationnel, et poids de naissance, afin d'observer si ces caractéristiques de la prématurité étaient en relation avec les compétences digitales et/ou numériques du jeune enfant.

Nous tenons à préciser que la situation sanitaire (COVID) ne nous a pas permis de mener à terme le recrutement et les testings. L'échantillon est donc de taille réduite par rapport à ce qui était espéré. Un plus grand échantillon aurait permis d'obtenir des résultats plus représentatifs de la population. Nous savons que les résultats obtenus sur un échantillon de cette taille ne nous permettront pas de tirer de conclusions fiables. Nous pouvons tout de même observer des tendances que nous tenterons d'expliquer et de discuter dans cette partie.

1. Compétences digitales du jeune enfant né prématurément

Premièrement, nous nous sommes demandé si les compétences digitales (compétences perceptives : gnosies ; compétences motrices : dissociation et coordination des doigts) des enfants nés prématurément seraient inférieures à celles des enfants tout-venant.

Les recherches dans la littérature nous ont appris que les enfants nés prématurément sont plus à risque de présenter des difficultés motrices, notamment en motricité fine, que leurs pairs nés à terme (De kiev et al., 2009 ; Bos et al. 2013). Nous avons donc supposé que les compétences digitales des enfants nés prématurément seraient inférieures à celles des enfants tout-venant.

Afin de confirmer ou d'infirmier notre hypothèse, nous avons utilisé une tâche évaluant les gnosies digitales, une tâche d'imitation de configuration de doigts afin d'évaluer les capacités de dissociation des doigts, et une tâche de praxies mélokinétiques afin d'évaluer les capacités de coordination de l'enfant.

Nous n'avons pas observé de différence significative entre les deux groupes. En effet, les performances des enfants nés prématurément étaient similaires à celles des enfants tout-venant. Par conséquent, nous ne pouvons qu'infirmier notre hypothèse en disant que les enfants nés prématurément ne semble pas présenter de retard d'acquisition des compétences digitales dues à la prématurité.

Nos résultats se rapprochent de l'étude de Bröring et al. (2018) qui n'avait pas non plus observé de différences entre les deux groupes dans la tâche de gnosies. Rappelons que ces compétences perceptives ont été peu étudiées et que nous avons peu d'informations dans la littérature concernant les gnosies chez les enfants nés prématurément. Par contre, les recherches sur une population d'enfants tout-venant indique que les gnosies sont un bon prédicteur des compétences numériques à venir de l'enfant. Poursuivre les recherches sur une population d'enfant né prématurément, et de façon plus générale, sur des populations à risque de développer des difficultés motrices semble particulièrement pertinent. Cela pourrait permettre d'anticiper et prévenir certains déficits.

Concernant les compétences motrices, nos résultats sont contradictoires avec la littérature. Plusieurs auteurs ont démontré le risque élevé de présenter des difficultés motrices, et plus particulièrement en motricité fine. Pourtant, nous n'avons pas observé de difficultés particulières chez l'enfant né prématurément.

Cela peut s'expliquer, d'une part, par des biais dans notre méthodologie. En effet, les tâches motrices que nous avons utilisées impliquaient seulement le mouvement des doigts (pour reproduire une configuration, ou pour reproduire un mouvement impliquant la coordination des doigts). Or, les études évaluant la motricité fine semblent utiliser principalement des tâches impliquant la manipulation d'objets. Il est donc possible que nos tâches n'aient pas été suffisamment représentatives des compétences en motricité fine. De plus, la tâche de praxies mélokinétiques ne comprend que 3 items, ce qui est un petit nombre d'items qui ne permet pas forcément de refléter les compétences de l'enfant.

D'autre part, rappelons que tous les enfants nés prématurément n'ont pas nécessairement de difficultés motrices, et que beaucoup se développent de la même façon que les enfants tout-venant, ce qui pourrait justifier les performances similaires observées entre les deux groupes. A nouveau, certaines études ont montré que les compétences motrices sont également de bons prédicteurs des compétences arithmétiques. L'étude de Asakawa et Sugimura (2014) est particulièrement intéressante car les sujets recrutés sont âgés de 4 ans et sont donc particulièrement proches de l'âge des sujets que nous avons recrutés. Si les compétences motrices prédisent les compétences arithmétiques, les résultats que nous avons obtenus laissent penser que les sujets de notre étude ne seraient pas amenés à développer de difficultés arithmétiques. Pour en être certain, il faudrait pouvoir réaliser une étude longitudinale et évaluer si ces observations se vérifient 6 mois, voire 1 an plus tard.

2. Compétences numériques du jeune enfant né prématurément

Ensuite, nous nous sommes demandés si les compétences numériques des enfants nés prématurément seraient inférieures à celles des enfants tout-venant.

Les recherches faites dans la littérature nous ont appris que les enfants nés prématurément étaient susceptibles de développer des difficultés dans les apprentissages, notamment des difficultés spécifiques aux mathématiques (Guarini et al., 2013 ; Taylor et al. 2009, Aarnoudse et al., 2011). En effet, les compétences numériques sont dépendantes d'autres compétences, notamment au niveau langagier (Putnick et al., 2017) et au niveau des facteurs cognitifs généraux (Simms et al., 2012), en sachant que ces compétences sont également susceptibles d'être atteintes chez l'enfant né prématurément.

Ainsi, nous nous attendions à ce que les performances des enfants nés prématurément soient inférieures à celles des enfants tout venant.

Pour confirmer ou infirmer notre hypothèse, nous avons utilisé différentes tâches : une tâche de litanie nous permettant d'évaluer la connaissance de la chaîne numérique verbale, une tâche de dénombrement, une tâche permettant d'évaluer la cardinalité en production (« Donne-moi »), et une tâche permettant d'évaluer la cardinalité en reconnaissance (« Montre-moi »), une tâche de fluence imagée afin d'évaluer les premières compétences arithmétiques.

Nous n'avons pas observé de différence significative entre les deux groupes. A nouveau, les performances des enfants nés prématurément étaient similaires à celle des enfants tout-venant.

Ces résultats ne rejoignent pas ceux observés dans la littérature, nous pouvons faire différentes hypothèses pour les expliquer :

1. Le rôle de l'environnement

Il est possible que ces enfants aient rattrapé leur retard moteur, leur permettant ainsi d'utiliser leurs doigts de façon fonctionnelle. A plusieurs reprises, certains parents ont évoqué dans la conversation avoir acheté des jeux, ou encore, et avoir porté une attention particulière au développement moteur de leur enfant, suite aux recommandations d'un médecin. Plusieurs parents ont également évoqué le suivi à la Citadelle, et semblaient être suffisamment informé et attentifs aux difficultés de leurs enfants. Il aurait été utile de répertorier ces informations pour pouvoir réaliser des analyses qualitatives précises. Cela aurait permis de préciser le rôle de l'environnement qui, selon plusieurs auteurs, aurait un rôle déterminant dans le développement de l'enfant (Mulder et al., 2009 ; Brydges et al., 2018).

2. La variabilité

Comme dit précédemment, tous les enfants ne développent pas nécessairement de difficultés au niveau des habiletés numériques (Lejeune et Gentaz, 2018), ce qui pourrait aussi expliquer les résultats obtenus, similaire aux enfants tout-venant.

3. Remarques qualitatives lors de l'administration des tâches

Pour chacune des tâches administrées, nous avons fait différentes observations sur le plan qualitatif :

Les enfants du groupe tout-venant ont été recrutés dans 3 écoles. Nous avons remarqué que les enfants d'une seule école ont récité la chaîne numérique verbale au-delà de 10. Il semble

également que ces enfants aient donné plus de réponses cardinales que les autres. Il est évident que l'enseignement diffère d'une école à une autre et que cela a une influence sur les connaissances et les compétences de l'enfant. Cette observation renforce l'idée que les critères de sélection des sujets doivent être précis, et que la variable « environnement » aurait pu être prise en compte afin que l'échantillon soit bien représentatif de la population.

Lors de la tâche de dénombrement, nous avons observé que la majorité des enfants utilisaient le pointage. Lorsque le pointage n'était pas utilisé, nous avons observé plus d'erreurs. Il semble donc que l'usage du geste soit important et soutienne le principe de correspondance terme à terme. Cela correspond bien à la littérature, notamment aux recherches de Alibali et Di Russo (1999) et Roesch et Moeller (2015).

Lors de la tâche « Donne-moi » (Wynn, 1990), la majorité des enfants a été capable de donner 1 à 4 jetons (9 enfants nés à terme ; 10 enfants nés prématurément). 1 enfant dans chaque groupe n'a pas su réaliser la tâche. Il s'agissait des enfants parmi les plus jeunes (3 ans 3 mois et 3 ans 4 mois), tandis que les plus âgés ont pu donner plus de 4 jetons.

Il semble donc que la cardinalité se développe bien dans cette fenêtre d'âge : 3-4 ans. Cela correspond à 1 jeton près à la théorie de Sarnecka et al. (2007), selon laquelle les enfants passent par différents stades (one knowers, two knowers, three knowers, cardinal-principle-knowers) afin d'acquérir la notion de valeur cardinale du nombre. Ainsi à l'âge de 3-4 ans l'enfant est au stade de three knowers et ne pourrait pas encore se représenter les quantités au-delà de 3.

Dans notre étude, certains sujets ont pu donner 4 jetons mais pas plus. D'après Sarnecka et al. (2007), une fois avoir passé le stade de three-knowers, l'enfant est censé pouvoir généraliser ses connaissances à tous les autres nombres. Ici, nous avons observé que certains enfants peuvent donner, 4, 5, ou 6 jetons, mais pas plus. Il semble donc difficile de pouvoir affirmer qu'à partir de la compréhension de la valeur 3, l'enfant puisse généraliser cette connaissance à tous les autres nombres.

Lors des passations de la tâche « Montre-moi » (choisir entre deux patterns celui qui correspond au chiffre énoncé/montré grâce à une configuration de doigts), nous avons remarqué que de nombreux enfants semblaient répondre au hasard. Certains enfants avaient tendance à choisir systématiquement l'image de droite. D'une part, cela a certainement biaisé en partie certaines passations. La tâche n'est peut-être pas suffisamment adaptée pour des enfants si jeunes. Il est cependant difficile d'imaginer une autre tâche en reconnaissance, qui n'impliquait pas le choix d'une image ou d'un pattern, et qui permettrait de contrôler cette part de hasard.

D'autres part, ce phénomène se produisait principalement lorsque le nombre de bâtonnets était supérieur à 5. Cela pourrait indiquer que plus le chiffre est grand, plus les enfants auraient de difficultés pour compter et trouver la réponse correcte.

Lors des passations de l'épreuve de fluences imagées, nous avons observé que la plupart des enfants ont beaucoup utilisé leurs doigts. Cette tâche permettait d'évaluer les premières habiletés arithmétiques, c'est-à-dire les premiers calculs. Elle est particulièrement complexe pour un jeune enfant. Nous avons été surpris de voir que de nombreux enfants, nés à terme et nés prématurément, répondaient spontanément en utilisant une configuration digitale, bien que la question ait été posée oralement. Nos observations correspondent à celles de Gordon et al. (2019) : les enfants semblent bien utiliser leurs doigts particulièrement lorsque la tâche est difficile.

3. Utilisation fonctionnelle des doigts en contexte numérique chez le jeune enfant né prématurément

Ensuite, nous nous sommes demandé si les enfants nés prématurément auraient plus de difficultés que leurs pairs nés à terme pour utiliser leurs doigts de manière fonctionnelle en contexte numérique.

Les difficultés motrices que peuvent rencontrer certains enfants nés prématurément (De kiev et al., 2009 ; Bos et al., 2013), nous laissent supposer une utilisation moindre des doigts, le geste demanderait plus d'efforts à ces enfants qu'à leurs pairs nés à terme. Nous gardons en tête que les avis dans la littérature sont partagés concernant le rôle des doigts dans la construction du système numérique : certains auteurs observent que tous les enfants n'ont pas nécessairement recours à leurs doigts pour construire leur système numérique (Nicoladis et al., 2010), tandis que d'autres soulignent l'importance du rôle des doigts dans le développement d'étapes telles que le comptage, la maîtrise de la cardinalité et les premiers calculs (Roesch et Moeller, 2015 ; Gunderson, 2015).

De plus, comme abordé précédemment, plusieurs auteurs ont montré l'existence d'un lien entre compétences digitales et compétences numériques. Les gnosies digitales et les compétences motrices permettant de prédire les compétences numériques de l'enfant, 6 mois à 1 an plus tard (Noël, 2005 ; Asakwa et Sugimura, 2014 ; Wasner, 2016).

Nous avons donc souhaité observer si les enfants nés prématurément développaient une utilisation fonctionnelle de leurs doigts en contexte numérique.

Pour cela, nous avons utilisé les tâches « Donne-moi » et « Montre-moi » en modalité digitale (le nombre était montré grâce à une configuration de doigts).

Tout d'abord, nous souhaitions évaluer si ces tâches seraient mieux réussies par l'un des deux groupes. En effet, en nous appuyant sur la littérature, nous nous attendions à que les enfants nés prématurément, pouvant présenter des difficultés motrices, aient des difficultés à réaliser les tâches en modalité digitale. Par conséquent, nous avons supposé que leurs performances dans les tâches numériques digitales seraient inférieures à celles des enfants nés à terme (De Kievet et al., (2009) ; Sansavini et al., 2014).

Ensuite, nous souhaitions évaluer plus précisément les performances des enfants selon le type d'activité (production ou reconnaissance) présentées en modalité digitale. Il leur était demandé de produire une collection lors de la tâche « Donne-moi », et il leur était demandé de reconnaître une collection lors de la tâche « Montre-moi ». En supposant que les enfants nés prématurément aient des compétences motrices inférieures à leurs pairs, nous nous attendions à ce qu'ils obtiennent des résultats inférieurs à ceux des enfants tout-venant lors de la tâche en production, qui implique un engagement moteur ainsi que de la précision. En revanche, nous nous attendions à observer des performances similaires dans les deux groupes lors de la tâche en reconnaissance, qui n'impliquait pas d'engagement moteur.

Nous n'avons pas observé de différence significative entre les deux groupes. Les résultats obtenus montrent que la tâche en reconnaissance est toujours mieux réalisée, quel que soit le groupe (effet significatif de la tâche). Cela indique que l'un des deux groupes n'a pas plus de difficultés dans une tâche et dans une modalité particulière (hypothèse 1). De plus, la tâche en production est moins bien réalisée, par les enfants nés prématurément, et, par les enfants nés à terme. Il semble donc qu'il n'y ait pas de difficultés spécifiques aux enfants nés prématurément pour la réalisation d'une tâche numérique en production, présentée en modalité digitale (hypothèse 2).

Ainsi, nos résultats tendent à montrer que les enfants nés prématurément ne présentent pas plus de difficultés que les enfants tout-venant dans les tâches numériques digitales. Ils ne présenteraient pas non plus de retard dans l'utilisation fonctionnelle de leurs doigts lors de la réalisation de tâches numériques (hypothèse 1), quelque soit le type d'activité, production ou reconnaissance (hypothèse 2).

Les résultats obtenus ne vont pas dans le sens de nos hypothèses. En revanche, ils correspondent aux résultats obtenus dans nos précédentes sous-question. Nous avons observé

que les enfants nés prématurément présentaient des compétences digitales et des compétences numériques similaires aux enfants tout-venant, ainsi il est cohérent que nous observions une utilisation fonctionnelle de leurs doigts en contexte numérique.

4. Caractéristiques de la prématurité

Dans cette dernière question, nous nous sommes demandé s'il existait un lien entre les caractéristiques de la prématurité, et les compétences digitales et/ou numériques.

Nous nous sommes demandé si l'âge gestationnel et le poids de naissance pouvait être en lien avec les compétences digitales et les compétences numériques des enfants nés prématurément.

L'étude de Mulder et al. (2009) insistait sur l'impact important de l'âge gestationnel ; et Lejeune et Gentaz (2018) décrivait l'importance du poids de naissance sur le développement de potentiels déficits. Ainsi, nous nous attendions à observer des corrélations significatives entre l'âge gestationnel et les compétences étudiées, ainsi qu'entre le poids de naissance et les compétences étudiées

Pourtant, nous n'avons pas observé de corrélations significatives entre l'âge gestationnel et les compétences digitales et/ou compétences numériques ; nous n'avons pas non plus observé de lien entre le poids de naissance et les tâches digitales.

En revanche, nous obtenons une corrélation significative entre le poids de naissance et la tâche « Donne-moi » en modalité verbale et en modalité digitale. L'analyse de corrélation nous permet de dire qu'un lien existe entre les deux variables, sans pouvoir l'expliquer clairement. Nous n'avons pas observé de difficultés particulières chez l'enfant né prématurément dans la réalisation de la tâche « Donne-moi », c'est pourquoi ce résultat est difficile à expliquer. Cela pourrait remettre en perspective les observations précédentes concernant la maîtrise de la cardinalité, bien que nous n'ayons pas suffisamment d'informations.

Nous supposons, par esprit logique, que c'est bien le poids qui a une influence sur les résultats à la tâche « Donne-moi » et non l'inverse. Nous pouvons faire l'hypothèse que le poids de naissance a bien une influence sur les compétences numériques, plus précisément sur la maîtrise de la cardinalité. Identifier le poids de naissance comme étant un facteur de risque, ayant une influence importante sur les compétences numériques, permettrait de pouvoir faire de la prévention auprès des familles et des professionnels de la santé afin d'anticiper de potentiels déficits.

5. Limites méthodologiques

Notre méthodologie comporte certaines limites.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, la taille réduite de l'échantillon (2 groupes de 15 sujets) est le biais le plus important de notre recherche. Pour en limiter l'impact, nous avons doublé les analyses paramétriques avec des analyses non paramétriques, qui ont bien confirmé les résultats obtenus.

De plus, la population sélectionnée était large et regroupait les trois degrés de prématurité : prématurité moyenne, grande prématurité, et extrême prématurité. Nous savons qu'il y a une grande variabilité au sein de chaque degré de prématurité. Le fait d'avoir regrouper les trois degrés de prématurité implique une plus grande variabilité entre les sujets. En se concentrant sur un seul degré de prématurité, et en ayant un nombre de sujets suffisamment important, il aurait été possible d'obtenir des résultats plus précis.

Nos analyses n'ont pas permis d'observer de différences entre les deux groupes. Rappelons que nous avons exclu les enfants n'obtenant pas un score suffisant dans les tâches contrôles (raisonnement non verbal et langage), nous pouvons nous demander si ce choix a pu influencer les résultats. Nous savons que les enfants nés prématurément sont à risque de présenter des difficultés développementales et nous avons exclu 2 sujets sur 15. Après réflexion, il aurait pu être intéressant de les inclure dans l'étude et de doubler les analyses comme l'avaient fait Taylor et al. (2009). Ces auteurs ont réalisé leurs analyses une première fois sur l'ensemble des sujets nés prématurément, puis, une seconde fois en excluant les sujets présentant un handicap ou un QI inférieur à la moyenne. Les auteurs n'observent pas de différences entre ces deux groupes : le groupe d'enfants nés prématurément sans critère d'exclusion, et le groupe d'enfants nés prématurément avec critère d'exclusion, obtenaient toujours des résultats inférieurs à ceux des enfants nés à terme dans les épreuves numériques.

Il aurait pu être intéressant de répliquer cette méthodologie. Si nous avions observé une différence entre les deux groupes, il aurait été important de la signaler et de la commenter.

Ensuite, nous avons remarqué que le testing était un peu long pour certains enfants, et cela a pu jouer sur le nombre de réponses données au hasard. Si les conditions le permettent, le testing pourrait être découpé en 3 à 4 séances, au lieu de 2 à 3 séances. Cependant, réaliser le testing en plusieurs fois peut aussi amener un biais car, d'un jour à l'autre, l'enfant n'est pas dans les mêmes conditions. Il y a également de la variabilité chez un même sujet.

Pour finir, il est possible qu'il y ait eu un biais de volontariat. Nous supposons que les parents qui ont accepté que leur enfant participe à l'étude sont différents des parents qui ont refusé de participer ; ou encore que les parents aient trouvé un intérêt particulier à ce que leur enfant participe à l'étude.

Conclusion générale

1) Conclusion

L'objectif de cette étude était de questionner les compétences digitales et compétences numériques du jeune enfant né prématurément et d'observer si ces enfants parviennent à développer une utilisation fonctionnelle de leurs doigts en contexte numérique.

Nous nous sommes d'abord intéressés au développement des compétences numériques chez l'enfant tout-venant, ainsi qu'au rôle des doigts dans le développement typique. Plusieurs études soulignent que l'utilisation des doigts ne semblent pas être une nécessité dans le développement du système numérique (Nicoladis, 2010), tandis que d'autres affirment que les doigts ont un rôle indéniable notamment dans le développement du comptage, de la cardinalité et de l'arithmétique (Roesch et Moeller, 2015 ; Gunderson, 2015).

Nos recherches ont permis de nous interroger concernant la population grandissante que sont les enfants nés prématurément. En effet, ces enfants sont susceptibles de présenter des problèmes de santé, mais aussi des difficultés développementales. Plusieurs auteurs s'accordent sur l'existence de facteurs de risques tels que des difficultés motrices (De kieviet et al., 2009), ainsi que des difficultés au niveau des apprentissages, notamment concernant les compétences numériques (Taylor et al., 2009). Des recherches montrent l'existence d'un lien entre compétences numériques et compétences digitales. En effet, les compétences en gnoses digitales et les compétences motrices seraient de bons prédicteurs des compétences numériques (Noël, 2005 ; Asakawa et Sugimura, 2014). Nous nous sommes donc concentrés sur l'étude de l'utilisation fonctionnelle des doigts (compétences digitales) et les compétences numériques (base des apprentissages mathématiques) des enfants nés prématurément.

Les premières habiletés numériques se construisent autour de 3-4 ans (Gelman et Meck, 1983 ; Sarnecka et al., 2007), nous nous sommes donc demandé si cette population de jeunes enfants nés prématurément présentait des compétences digitales et/ou des compétences numériques inférieures à leurs pairs nés à terme ; et si cela impliquait une utilisation fonctionnelle des doigts en contexte numérique moins importante que les enfants tout-venant. Nous avons également contrôlé le lien entre caractéristiques de la prématurité et compétences digitales, et/ou compétences numériques, afin d'observer une quelconque influence de l'âge gestationnel et/ou du poids de naissance.

Les résultats obtenus n'ont pas permis de répondre à notre questionnement de façon affirmative : les compétences digitales et les compétences numériques des enfants nés prématurément tendent à être similaires à celles des enfants nés à terme, tout comme l'utilisation fonctionnelle de leurs doigts lors de la réalisation de tâches numériques.

Ces conclusions sont positives et indiquent que les enfants nés prématurément semblent se développer de la même façon que les enfants nés à terme. Ainsi, ils ne présenteraient pas de retard dans l'utilisation fonctionnelle de leurs doigts en contexte numérique.

Nous restons cependant sur la réserve concernant les performances similaires aux enfant tout-venant. Rappelons que peu de nos résultats vont dans le sens de la littérature ; de plus, la petite taille de notre échantillon ne permet pas d'être représentative de la population, ni de tirer des conclusions fiables sur ces différents points.

Ensuite, concernant le lien entre caractéristiques de la prématurité et compétences digitales et/ou numériques, nous avons pu observer une corrélation significative entre le poids de naissance et la tâche « Donne-moi », tâche évaluant la maîtrise de la cardinalité. Ce lien laisse penser qu'il y a bien une influence de la prématurité sur les compétences numériques, plus précisément sur la cardinalité. En effet, un lien est observé uniquement avec la tâche considérée comme étant essentielle à la construction du système numérique. Ce fait est intéressant à explorer et amène de nouveaux questionnements : Le poids de naissance aurait-il plus d'influence que l'âge gestationnel ? Quelle est l'influence du poids de naissance sur les compétences numériques du jeune enfant né prématurément, et plus particulièrement sur la maîtrise de la cardinalité ?

Enfin, nous avons pu réaliser des observations qualitatives qui ont confirmé certains points tels que l'utilisation du pointage comme support efficace, la construction du principe de cardinalité à l'âge de 3-4 ans, l'utilisation du geste lors de tâche particulièrement difficile.

Pour conclure, les résultats de nos analyses concernant l'utilisation fonctionnelle des doigts en contexte numérique chez l'enfant né prématurément sont encourageants car ces enfants semblent se développer de la même façon que les enfants nés à terme. Cependant, ces résultats sont à nuancer et il serait pertinent de poursuivre les recherches en prenant en compte les différents biais méthodologiques.

2) Perspectives futures

A l'avenir, il serait intéressant de compléter les données de notre étude de façon à avoir un échantillon plus grand et ainsi obtenir des résultats plus fiables.

En s'appuyant sur la littérature et sur les observations qualitatives, il semble important de prendre en compte d'autres variables telles que l'environnement et les facteurs cognitifs généraux.

L'étude de Mulder et al. (2009) souligne que l'environnement de l'enfant est déterminant, les enfants nés prématurément issus de familles ayant un niveau socio-économique élevé développeraient moins de difficultés que les enfants issus d'un milieu socio-économique plus faible. L'étude de Roberts et al. (2007) va dans le même sens en montrant que les résultats les plus faibles aux tests mathématiques étaient prédits par le niveau d'éducation de la mère. Dans notre étude, les informations concernant l'environnement socio-économique des familles ont manqué. Nous en avons seulement eu un aperçu grâce aux observations et aux échanges avec les familles, mais celles-ci n'ont pas pu être analysées avec précision.

Ainsi, nous supposons que des variables telles que le niveau socio-économique des familles, la stimulation de l'enfant par les parents, ou encore le maintien du suivi à la Citadelle, peuvent avoir une influence sur le développement de l'enfant. De plus amples informations concernant l'environnement de l'enfant permettrait d'avoir des analyses plus précises.

Les compétences numériques seraient en lien avec les compétences digitales, mais seraient également dépendantes de facteurs cognitifs généraux (tel que le développement du langage, ou la mémoire de travail). Il semble donc pertinent de poursuivre les recherches en contrôlant ces facteurs (Kim et al., 2007 cité dans Asakawa et al., 2019 ; Noël et Karagiannakis, 2020). Cela permettrait de mieux cibler le profil de l'enfant en difficulté et de préciser les facteurs de risque.

La prématurité étant devenue une question de santé publique, le projet européen « RECAP preterm » a été lancé en 2018 afin d'étudier le développement des enfants et adultes nés prématurément dans le but d'améliorer leur santé et leur qualité de vie. Il sera donc intéressant de garder un œil sur le développement de ce projet ainsi que sur leurs publications récentes.

Bibliographie

- Aarnoudse-Moens, C. S. H., Oosterlaan, J., Duivenvoorden, H. J., Van Goudoever, J. B., & Weisglas-Kuperus, N. (2011). Development of preschool and academic skills in children born very preterm. *The Journal of Pediatrics*, *158*(1), 51-56. doi:10.1016/j.jpeds.2010.06.052
- Alibali, M. W., & DiRusso, A. A. (1999). The function of gesture in learning to count: More than keeping track. *Cognitive Development*, *14*(1), 37–56. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(99\)80017-3](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(99)80017-3)
- Asakawa, A., & Sugimura, S. (2014). Developmental trajectory in the relationship between calculation skill and finger dexterity: A longitudinal study. *Japanese Psychological Research*, *56*(2), 189-200. doi: 10.1111/jpr.12041
- Asakawa, A., Murakami, T., & Sugimura, S. (2019). Effect of fine motor skills training on arithmetical ability in children. *European Journal of Developmental Psychology*, *16*(3), 290-301. doi: 10.1080/17405629.2017.1385454
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2002). Savoirs, savoir-faire arithmétiques, et leurs déficiences. *Paris: Rapport pour le Ministère de la Recherche*.
- Belanger, R., Leroux, D., & Lefebvre, P. (2019). Supporting caregivers of children born prematurely in the development of language: A scoping review. *Paediatrics & Child Health*. doi: 10.1093/pch/pxz124
- Bos, A. F., Van Braeckel, K. N., Hitzert, M. M., Tanis, J. C., & Roze, E. (2013). Development of fine motor skills in preterm infants. *Developmental medicine & child neurology*, *55*, 1-4.
- Brissiaud, R. (1989). Comment les enfants apprennent à calculer: Le rôle du langage, des représentations figurées et du calcul dans la conceptualisation des nombres.
- Bröring, T., Königs, M., Oostrom, K. J., Lafeber, H. N., Brugman, A., & Oosterlaan, J. (2018). Sensory processing difficulties in school-age children born very preterm: An exploratory study. *Early human development*, *117*, 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.12.003>
- Brydges, C. R., Landes, J. K., Reid, C. L., Campbell, C., French, N., & Anderson, M. (2018). Cognitive outcomes in children and adolescents born very preterm: a meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *60*(5), 452-468. doi: 10.1111/dmcn.13685
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, *33*(3), 205-228. doi: 10.1080/87565640801982312
- Crollen, V., Seron, X., & Noël, M. P. (2011). Is finger-counting necessary for the development of arithmetic abilities? *Frontiers in psychology*, *2*, 242. doi:10.3389/fpsyg.2011.00242

De Kieviet, J. F., Piek, J. P., Aarnoudse-Moens, C. S., & Oosterlaan, J. (2009). Motor development in very preterm and very low-birth-weight children from birth to adolescence. *The Journal of the American Medical Association*, *302*(20), 2235-2242.

Fayol, M., Camos, V., & Roussel, J. L. (2000). Acquisition et mise en œuvre de la numération par les enfants de 2 à 9 ans. *Neuropsychologie des troubles du calcul et du traitement des nombres*, 33-58.

Fayol, M., Barrouillet, P., & Marinthe, C. (1998). Predicting arithmetical achievement from neuropsychological performance: A longitudinal study. *Cognition*, *68*(2), B63–B70. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(98\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(98)00046-8)

Franz, A. P., Bolat, G. U., Bolat, H., Matijasevich, A., Santos, I. S., Silveira, R. C., ... & Moreira-Maia, C. R. (2018). Attention-deficit/hyperactivity disorder and very preterm/very low birth weight: a meta-analysis. *Pediatrics*, *141*(1), e20171645. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-1645>

Fuson, K. C., Richards, J., & Briars, D.J. (1982). The acquisition and elaboration of the number word sequence. In C. J. Brainerd (Ed.), *Children's logical and mathematical cognition* (pp. 33-92). New York, NY, US: Springer.

Gelman, R., & Meck, E. (1983). Preschoolers' counting: Principles before skill. *Cognition*, *13*(3), 343–359.

Goldin-Meadow, S., & Wagner, S. M. (2005). How our hands help us learn. *Trends in cognitive sciences*, *9*(5), 234-241. doi:10.1016/j.tics.2005.03.006

Gordon, R., Chernyak, N., & Cordes, S. (2019). Get to the point: Preschoolers' spontaneous gesture use during a cardinality task. *Cognitive Development*, *52*, 100818. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2019.100818>

Guarini, A., Sansavini, A., Fabbri, M., Alessandroni, R., Faldella, G., & Karmiloff-Smith, A. (2014). Basic numerical processes in very preterm children: A critical transition from preschool to school age. *Early Human Development*, *90*(3), 103-111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2013.11.003>

Gunderson, E. A., Spaepen, E., Gibson, D., Goldin-Meadow, S., & Levine, S. C. (2015). Gesture as a window onto children's number knowledge. *Cognition*, *144*, 14-28. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.07.008>

Kobayashi, T., Hiraki, K., & Hasegawa, T. (2005). Auditory–visual intermodal matching of small numerosities in 6-month-old infants. *Developmental science*, *8*(5), 409-419.

Lejeune, F., & Gentaz, E. (2018). L'enfant prématuré en 2018: multiplicité des enjeux. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, (152), 17-24.

- Løhaugen, G. C., Antonsen, I., Håberg, A., Gramstad, A., Vik, T., Brubakk, A. M., & Skranes, J. (2011). Computerized working memory training improves function in adolescents born at extremely low birth weight. *The Journal of pediatrics*, *158*(4), 555-561. doi: 10.1016/j.jpeds.2010.09.060.
- Mulder, H., Pitchford, N. J., Hagger, M. S., & Marlow, N. (2009). Development of executive function and attention in preterm children: a systematic review. *Developmental neuropsychology*, *34*(4), 393-421. doi :10.1080/87565640902964524
- Nicoladis, E., Pika, S., & Marentette, P. (2010). Are number gestures easier than number words for preschoolers? *Cognitive Development*, *25*(3), 247–261. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2010.04.001>
- Niutanen, U., Harra, T., Lano, A., & Metsäranta, M. (2020). Systematic review of sensory processing in preterm children reveals abnormal sensory modulation, somatosensory processing and sensory-based motor processing. *Acta Paediatrica*, *109*(1), 45-55. doi: 10.1111/apa.14953
- Noël, M.-P. (2005). Finger gnosis: a predictor of numerical abilities in children? *Child Neuropsychology*, *11*(5), 413–430. <https://doi.org/10.1080/09297040590951550>
- Noël, M. P., & Karagiannakis, G. (2020). *Dyscalculie et difficultés d'apprentissage en mathématiques : Guide pratique de prise en charge*. De Boeck Supérieur.
- Paquette, N., Vannasing, P., Tremblay, J., Lefebvre, F., Roy, M. S., McKerral, M., ... & Gallagher, A. (2015). Early electrophysiological markers of atypical language processing in prematurely born infants. *Neuropsychologia*, *79*, 21-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.10.021>
- Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. (2016). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology*, *108*(4), 455. <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000079>
- Putnick, D. L., Bornstein, M. H., Eryigit-Madzvamuse, S., & Wolke, D. (2017). Long-term stability of language performance in very preterm, moderate-late preterm, and term children. *The Journal of pediatrics*, *181*, 74-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.09.006>
- Roesch, S., & Moeller, K. (2015). Considering digits in a current model of numerical development. *Frontiers in human neuroscience*, *8*, 1062. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01062>
- Rose, S. A., Feldman, J. F., & Jankowski, J. J. (2011). Modeling a cascade of effects: The role of speed and executive functioning in preterm/full-term differences in academic achievement. *Developmental science*, *14*(5), 1161-1175. doi: 10.1111/j.1467-7687.2011.01068.x
- Sansavini, A., Guarini, A., Justice, L. M., Savini, S., Broccoli, S., Alessandroni, R., & Faldella, G. (2010). Does preterm birth increase a child's risk for language impairment?. *Early human development*, *86*(12), 765-772. doi:10.1016/j.earlhumdev.2010.08.014

Sansavini, A., Pentimonti, J., Justice, L., Guarini, A., Savini, S., Alessandrini, R., & Faldella, G. (2014). Language, motor and cognitive development of extremely preterm children : Modeling individual growth trajectories over the first three years of life. *Journal of Communication Disorders, 49*, 55-68. doi:10.1016/j.jcomdis.2014.02.005

Sarnecka, B. W., & Carey, S. (2008). How counting represents number: What children must learn and when they learn it. *Cognition, 108*(3), 662-674. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.05.007>

Sarnecka, B. W., Kamenskaya, V. G., Yamana, Y., Ogura, T., & Yudovina, Y. B. (2007). From grammatical number to exact numbers: Early meanings of “one”, “two”, and “three” in English, Russian, and Japanese. *Cognitive Psychology, 55*(2), 136–168. doi:10.1016/j.cogpsych.2006.09.001

Simms, V., Gilmore, C., Cragg, L., Marlow, N., Wolke, D., & Johnson S. (2012). Mathematics difficulties in extremely preterm children : Evidence of a specific deficit in basic mathematics processing. *Pediatric Research, 73*(2), 236-244. doi:10.1038/pr.2012.157

Taylor, H. G., Espy, K. A., & Anderson, P. J. (2009). Mathematics deficiencies in children with very low birth weight or very preterm birth. *Developmental Disabilities Research Reviews, 15*, 52-59. doi:10.1002/ddrr.51

Theron, A. (2016). *Impact de la prématurité sur le lien entre les doigts et l'acquisition de la cardinalité* (Mémoire de master en logopédie non publié). Université de Liège, Liège, Belgique.

Tucker, J., & McGuire, W. (2004). Epidemiology of preterm birth. *Bmj, 329*(7467), 675-678. doi:10.1080/01443410701708228

Vilenius-Tuohimaa, P. M., Aunola, K., & Nurmi, J. E. (2008). The association between mathematical word problems and reading comprehension. *Educational Psychology, 28*(4), 409-426.

Vilette, B. (1994). Des processus de quantification à la cardinalité. *L'année Psychologique, 94*(1), 25-43. doi : 10.3406/psy.1994.28732

Vossius, L. (2015). *Exploration du rôle des doigts dans la cognition numérique* (Mémoire de master en sciences psychologiques non publié). Université de Liège, Liège, Belgique.

Wasner, M., Nuerk, H. C., Martignon, L., Roesch, S., & Moeller, K. (2016). Finger gnosis predicts a unique but small part of variance in initial arithmetic performance. *Journal of experimental child psychology, 146*, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.01.006>

Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition, 36*(2), 155–193. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(90\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(90)90003-3)

Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358(6389), 749–750.

Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74(1), B1-B11. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00066-9)

Annexes

1) Protocoles des tâches digitales

DÉVELOPPEMENT DIGITAL NON-NUMÉRIQUE

Ordre des mains dans cette échelle (entourer): MainD - MainG

GNOSIES DIGITALES

Consignes et passation : « Je vais cacher ta petite main, et je vais toucher un de tes doigts. Puis, avec l'autre main, on va voir si tu sais retrouver quel doigt j'ai touché. »

Doigt bien écarté, paume à plat. Toucher le doigt au niveau de la 2^{ème} phalange.

Cotation : 1 point par réponse correcte.

N°	Touche	Main droite	Main gauche
1	Pouce		
2	Majeur		
3	Index		
4	Annulaire		
5	Majeur		
6	Auriculaire		
7	Index		
8	Annulaire		
	Total		











IMITATION DE CONFIGURATION DE DOIGTS

Consignes et passation : « Regarde, est ce que tu sais faire la même chose avec tes doigts ? »
 Pour les configurations de type « counting » (n° 5 et 8), orienter la paume vers le haut.

Cotation : 1 point par réponse correcte.


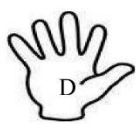
Configuration = correcte même si l'enfant ne présente pas sa main dans le bon sens



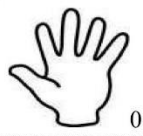

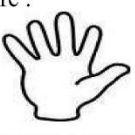
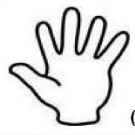

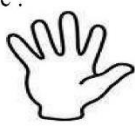

Si l'enfant a eu besoin de s'aider de l'autre main pour former la configuration, ne pas pénaliser mais cocher la case « Aide ».

N°	Configuration	Main droite		Main gauche	
		Réponse	0/1	Réponse	0/1
1			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
2			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
3			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
4			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
5			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
6			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
7			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
8			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
9			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
10			Aide <input type="checkbox"/>		Aide <input type="checkbox"/>
Total					

PRAXIES MÉLOKINÉTIQUES

Consigne et Passation: Les démonstrations se font en miroir. Montrer les gestes lentement, accentuer le découpage

1	<p>« Est-ce que tu peux compter avec tes doigts sans parler » (Ø démo)</p> <p>Si l'enfant récite quand même tout haut la litanie, lui repreciser une fois « sans parler ».</p>	<p>Usage des NVO : <input type="checkbox"/></p> <p>Délie les doigts 1 par 1 : <input type="checkbox"/></p> <p>Ordre :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
---	--	---

		Main droite	Main gauche
2	<p>« Regarde, fais du piano comme moi en commençant par le pouce »</p> <p>(poser ses doigts 1 à 1 sur la table en commençant par le pouce)</p> 	<p>Pose les doigts 1 par 1 <input type="checkbox"/></p> <p>Ordre :</p>  0 - 1	<p>Pose les doigts 1 par 1 <input type="checkbox"/></p> <p>Ordre :</p>  0 - 1
3	<p>« Regarde, fais comme moi »</p> 	<p>Délie les doigts 1 par 1 <input type="checkbox"/></p> <p>Ordre :</p>  0 - 1	<p>Délie les doigts 1 par 1 <input type="checkbox"/></p> <p>Ordre :</p>  0 - 1
4	<p>« Regarde, fais comme moi »</p> <p>Toucher ses doigts 1 à 1 avec le pouce de l'index à l'auriculaire</p> 	<p>Touche les doigts 1 par 1 <input type="checkbox"/></p> <p>Ordre :</p>  0 - 1	<p>Touche les doigts 1 par 1 <input type="checkbox"/></p> <p>Ordre :</p>  0 - 1
Total			

Cotation : 1 point par réponse correcte.

1. Observer qualitativement
2. Correct si fais une touche avec chaque doigt 1 par 1, conserve l'ordre et commence par le pouce
3. Correct si délie les doigts 1 par 1, conserve l'ordre et commence par le pouce
4. Correct si touche et délie les doigts 1 par 1, conserve l'ordre, commence par le pouce.

2) Protocoles des tâches numériques

DÉVELOPPEMENT NUMÉRIQUE VERBAL

LITANIE

Consignes : « *Est-ce que tu peux compter le + loin possible* » (Max = 20, Amorce si nécessaire : 1, 2, ...)

Essai 1 :

.....

.....

Amorce nécessaire	Oui - Non
Usage des doigts	Oui - Non
Usage des doigts correct jusqu'à (n doigts) (correct = lever les doigts 1 à 1 en correspondance avec NVO)	Oui - Non

Essai 2 : « *Oufff, tu as compté super vite, je n'ai pas bien tout entendu, est ce que tu peux recommencer ?* »

.....

.....

.....

Amorce nécessaire	Oui - Non
Usage des doigts	Oui - Non
Usage des doigts correct jusqu'à (n doigts) (correct = lever les doigts 1 à 1 en correspondance avec NVO ?)	Oui - Non

Cotation :

Nombre jusqu'auquel l'enfant sait réciter sans se tromper à 2 reprises (partie stable et conventionnelle)	
Série correcte la plus longue pendant le testing	

Dénombrement

Consignes et passation :

Dans la partie A : « Peux-tu me dire combien il y a de ... ? » Si l'enfant ne donne pas de réponse cardinale, lui demander après qu'il ait compté : « ça fait combien en tout ? »

Dans la partie B (=seconde chance) : Si l'enfant donne une réponse incorrecte sans avoir compté verbalement : « Peux-tu compter et me dire combien il y a de ... ? » Si l'enfant ne donne pas de réponse cardinale, lui demander après qu'il ait compté : « ça fait combien en tout ? »

Cotation : Accorder 1 point si l'enfant donne une réponse cardinale correcte

Pour chaque item pour lequel l'enfant procède à un dénombrement, indiquer s'il pointe, effectue un pointage terme à terme, et si la coordination pointage-verbalisation est respectée



N	Dénombr/ estimation	Réponse (Digitale - Verbale)	Dénombrement (cocher)	0/1
2	<u>D</u> - E	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination	
		<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination	
5	<u>D</u> - E	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination	
		<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination	
9	<u>D</u> - E	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination	

			<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
6	<u>D</u> - E		<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
			<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
8	<u>D</u> - E		<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
			<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
3	<u>D</u> - E		<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
			<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
Total	Petites :/2	Moyennes :/2	Grandes :/2
Nb de comptages corrects /RC	Petites :/.....	Moyennes :/.....	Grandes :/.....

Développement numérique verbal : Tâche « Donne-moi » verbale

Consignes et passation : « Voici les pièces, peux-tu m'en donner n ? »

Si l'enfant réussit à donner x , demander $x + 1$ à l'essai suivant.

Si l'enfant échoue à donner $x + 1$, demander x à l'essai suivant.



Critère d'arrêt : Arrêt quand l'enfant n'obtient pas au moins 2/3 à une numérosité donnée.

Cotation : Niveau de développement cardinal = + grande numérosité pour laquelle l'enfant a obtenu au moins 2/3.

1 erreur de dénombrement autorisée : Si l'enfant utilise le dénombrement pour déterminer la numérosité, créditer comme correcte une réponse de $x \pm 1$ en cas d'erreur de dénombrement (Wynn, 1990, 1992).



N	Essai	Procédure (Dénombrement/Estimation)	Nombre donné	0/1
1	1			
	2			
	3			
2	1			
	2			
	3			
3	1			
	2			
	3			
4	1			
	2			
	3			
5	1			
	2			
	3			
6	1			
	2			
	3			
7	1			
	2			

	3			
8	1			
	2			
	3			
9	1			
	2			
	3			
10	1			
	2			
	3			
Niveau de développement cardinal :				

Développement numérique digital : Tâche « Donne-moi » digitale

Consignes et passation : « Voici des pièces, peux-tu me donner ça [montrer le nombre de doigts requis] ? » Laisser les doigts visibles jusqu'à la réponse de l'enfant.

Si l'enfant réussit à donner x , demander $x + 1$ à l'essai suivant.

Si l'enfant échoue à donner $x + 1$, demander x à l'essai suivant.



Critère d'arrêt : Arrêt quand l'enfant se trompe 2 fois / n'obtient pas au moins 2/3 à une numérosité donnée.

Cotation : Niveau de développement cardinal = + grande numérosité pour laquelle l'enfant a obtenu au moins 2/3.

1 erreur de dénombrement autorisée : Si l'enfant utilise le dénombrement pour déterminer la numérosité, créditer comme correcte une réponse de $x \pm 1$ en cas d'erreur de dénombrement (Wynn, 1990, 1992).

N	Essai	Procédure (Dénombrement/Estimation)	Nombre donné	0/1
	1			
	2			
	3			
	1			
	2			
	3			
	1			
	2			
	3			
	1			
	2			
	3			
	1			
	2			
	3			











	1			
	2			
	3			
	1			
	2			
	3			
	1			
	2			
	3			
	1			
	2			
	3			
Niveau de développement cardinal :				











Tâche Montre-moi Modalité verbale

Consignes et passation : « Tu vois ces deux images ? Montre-moi où il y a n (NVO). ». Indiquer si l'enfant procède par dénombrement ou estimation.

Cotation : Accorder 1 point par bonne réponse donnée par l'enfant, qu'elle soit donnée par dénombrement ou par estimation.

Pour chaque item pour lequel l'enfant procède à un dénombrement, indiquer s'il pointe, effectue un pointage terme à terme, et si la coordination pointage-verbalisation est respectée

N	Dénombr. estimation	Réponse (pointage)		Réponse verbale/digitale		Dénombrement (cocher)
3	<u>D</u> - E	4	3  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
1	<u>D</u> - E	1	2  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
2	<u>D</u> - E	3	2  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
4	<u>D</u> - E	3	4  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
7	<u>D</u> - E	9	8  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
Petites : /4		Grande : /1				

N	Dénombr/ estimation	Réponse (pointage)		Réponse verbale/digitale		Dénombrement (cocher)
8	<u>D</u> → E	8	9  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
6	<u>D</u> → E	7	6  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
9	<u>D</u> → E	9	8  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
10	<u>D</u> → E	9	10  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
5	<u>D</u> → E	5	4  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
Moyennes : /2		Grandes : /3				











Tâche Montre-moi – Modalité digitale











Section 4 : Entrée digitale → Reconnaissance de collections de points

Consignes et passation : « Tu vois ces deux images ? Montre-moi où il y a ça (n doigts) ». Indiquer si l'enfant procède par dénombrement ou estimation.

Cotation : Accorder 1 point par bonne réponse donnée par l'enfant, qu'elle soit donnée par dénombrement ou par estimation.

Pour chaque item pour lequel l'enfant procède à un dénombrement, indiquer s'il pointe, effectue un pointage terme à terme, et si la coordination pointage-verbalisation est respectée.

N	Dénombr./ estimation	Réponse (pointage)		Réponse verbale/digitale		Dénombrement (cocher)
3	<u>D</u> - E	4	3  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
1	<u>D</u> - E	1	2  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
2	<u>D</u> - E	3	2  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
4	<u>D</u> - E	3	4  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
9	<u>D</u> - E	9	8  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
Petites : /4		Grande : /1				

N	Dénombr. estimation	Réponse (pointage)		Réponse verbale/digitale		Dénombrement (cocher)
5	<u>D</u> E	5	4  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
10	<u>D</u> E	9	10  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
7	<u>D</u> E	6	7  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
6	<u>D</u> E	7	6  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
8	<u>D</u> E	8	9  	<input type="checkbox"/> Pointage <input type="checkbox"/> Pointage t-à-t <input type="checkbox"/> Coordination
Moyennes : /3	Grandes : /2					

FLUENCES ARITHMÉTIQUES ORALES EN IMAGE (Noël, 2009)

Consigne et passation : « *Je vais te poser des questions et tu vas essayer de répondre le plus vite possible car tu n'as pas beaucoup de temps. Le but du jeu est d'essayer de me donner le plus possible de bonnes réponses, d'accord ? Tu peux utiliser des jetons qui sont ici si ça peut t'aider. Tu es prêt ?* »

Lire mot à mot les consignes pour chaque item. Déclencher le chronomètre à la fin de la lecture du 1^{er} item. 150 secondes de temps imparti.

Laisser à l'enfant le temps de la réflexion mais s'il semble bloqué (\pm de 20 secondes) et/ou ne semble pas chercher une réponse, passer à l'item suivant.

Répéter la 2^{ème} partie de la consigne (partie non imagée qui contient le 2^{ème} terme) si nécessaire.

Noter les stratégies utilisées (usage des doigts, des jetons, comptage verbal, sur le dessin, comptage du tout ou counting on, ...).

Si l'enfant ne donne pas de bonne réponse ou est bloqué au 1^{er} item, noter 0 mais donner un feedback sur la réponse attendue à l'aide du papillon supplémentaire.

Cotation :

Total : Le nombre d'items réussis dans le temps imparti.

En cas de réussite des 10 items avant l'écoulement du temps, accorder 1 point de bonus par tranche de 5 secondes économisées sur le temps imparti.

Calcul	RC	Consignes	Stratégie	0/1
1	1 + 1 =	Regarde, ici, il y a 1 papillon dans le ciel, si 1 autre papillon vient voler avec lui, combien de papillons y aura-t-il en tout ?		
2	2 + 2 =	Dans ce bocal, il y a 2 poissons. Si on met 2 autres poissons dans le bocal, combien y aura-t-il de poissons en tout ?		
3	2 + 1 =	Dans cette cage, il y a 2 oiseaux. Si 1 autre oiseau entre dans la cage, combien y aura-t-il d'oiseaux en tout ?		
4	3 + 3 =	Dans cette prairie, il y a 3 vaches. Si 3 autres vaches viennent dans la prairie, combien y aura-t-il de vaches en tout ?		
5	3 + 2 =	Dans ce panier, il y a 3 fruits. Si on met 2 autres fruits dans le panier, combien y aura-t-il de fruits en tout ?		
6	4 + 3 =	Dans cette mare, il y a 4 tortues. Si 3 autres tortues plongent dans la mare, combien y aura-t-il de tortues en tout ?		
7	4 + 4 =	Dans l'herbe, il y a 4 lapins. Si 4 autres lapins viennent, combien y aura-t-il de lapins en tout ?		
8	5 + 5 =	Dans cette prairie, il y a 5 moutons. Si 5 autres moutons viennent dans la prairie, combien y aura-t-il de moutons en tout ?		
9	5 + 4 =	Au pied de l'arbre, il y a 5 pommes qui sont tombées. Si 4 autres pommes tombent, combien y aura-t-il de pommes en tout au pied de l'arbre ?		
10	6 + 5 =	Ici, il y a 6 escargots dans l'herbe. Si 5 autres escargots arrivent, combien y aura-t-il d'escargots en tout ?		

Total	
Temps	
Bonification	
Score	

Résumé

Les enfants nés prématurément sont susceptibles de présenter des difficultés développementales, notamment au niveau du développement moteur (De Kievet et al. 2009 ; Bos et al. 2013) et au niveau des habiletés numériques (Taylor, 2009). Peu d'études ont été réalisées sur cette population, pourtant le nombre de naissances prématurées est en augmentation (Lejeune et Gentaz, 2018). C'est pourquoi nous nous sommes questionnés sur les compétences digitales des enfants nés prématurément, ainsi que sur leurs compétences numériques. Plus précisément, nous nous sommes demandés si l'utilisation fonctionnelle des doigts de ces enfants en contexte numérique était moindre que celle des enfants tout-venant, de par d'éventuelles difficultés motrices. Pour finir, nous avons souhaité contrôler l'influence de la prématurité (poids de naissance et âge gestationnel) sur ces compétences digitales et/ou numériques.

Ainsi, nous avons recruté et sélectionné deux groupes de 15 sujets âgés de 3 ans 3 mois, à 4 ans 8 mois. Les sujets ont été appariés en genre et en âge chronologique. Chaque enfant a réalisé 5 tâches contrôles (évaluation du raisonnement non verbal et du langage), 3 tâches digitales (gnosies, imitation de configurations de doigts et praxies mélokinétiques) et 7 tâches numériques (Litanie, dénombrement, « Donne-moi », « Montre-moi », fluences imagées). Le testing durait une heure en tout, et les passations étaient réalisées sur 2 à 3 séances en fonction de la motivation et de la fatigue de l'enfant.

Les résultats montrent des performances digitales et numériques similaires aux enfants tout-venant. L'utilisation des doigts en contexte numérique est fonctionnelle et comparable à celles de leurs pairs. Ces résultats sont encourageants et tendent à montrer que la population d'enfants nés prématurément se développe de la même façon que celle des enfants tout-venant. Cependant, ces résultats sont à nuancer de par certains biais méthodologiques.

Pour finir, nous avons relevé une corrélation significative entre le poids de naissance et la tâche « Donne-moi », évaluant la maîtrise de la cardinalité. La cardinalité étant une étape importante dans le développement du système numérique, de nouvelles questions se posent telles que : quelle est l'influence du poids de naissance sur les compétences numériques du jeune enfant, plus précisément sur la cardinalité ?