



HAL
open science

Les déplacements corporels sur une ligne numérique permettent-ils de meilleurs apprentissages numériques en grande section de maternelle ?

Angéline Chautard

► To cite this version:

Angéline Chautard. Les déplacements corporels sur une ligne numérique permettent-ils de meilleurs apprentissages numériques en grande section de maternelle ?. Education. 2022. dumas-03792885

HAL Id: dumas-03792885

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03792885>

Submitted on 30 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Année universitaire 2021-2022

Master Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Premier degré

**Les déplacements corporels sur une ligne
numérique permettent-ils de meilleurs
apprentissage numériques en grande
section de maternelle ?**

Présenté par Angéline CHAUTARD

Première partie rédigée en collaboration avec Chloé GERIN

**Mémoire encadré par Sébastien CAUDRON, Marie-Caroline CROSET et
Fanny GIMBERT**

SOMMAIRE

Introduction	2
1. Cadre théorique	3
1.1. Le nombre.....	3
1.1.1. Définition générale.....	3
1.1.2. Les liens entre représentation des quantités et représentations spatiales	4
1.1.3. La ligne numérique et la représentation mentale.....	5
1.2. Les nombres chez les jeunes enfants	5
1.2.1. Les programmes de maternelle.....	6
1.2.2. L'importance des apprentissages numériques chez les enfants	6
1.3. L'engagement du corps dans l'apprentissage.....	7
1.3.1. Les effets potentiels d'interférence des gestes sur les apprentissages	7
1.3.2. Cognition et environnement	8
1.3.3. Les effets bénéfiques des gestes pour les apprentissages	9
1.4. Le lien entre les apprentissages numériques et les déplacements corporels	10
1.4.1. Rôle des gestes dans l'apprentissage des nombres	10
1.4.2. Trois mécanismes impliqués dans les entraînements numériques incarnés	11
1.4.3. Les apprentissages numériques favorisés par les déplacements corporels.....	11
1.5. Problématique	14
2. Méthode	15
2.1. Méthode.....	15
2.2. Participants.....	15
2.3. Matériel.....	15
2.3.1. Introduction de la séquence	15
2.3.2. Pré-tests et post-tests	17
2.3.2.1. Association d'une position à un nombre entier.....	17
2.3.2.2. Comparaison de nombres entiers	18
2.3.2.3. Problèmes arithmétiques.....	18
2.3.3. Entraînements.....	19
2.3.3.1. Les différentes conditions.....	19
2.3.3.2. Les différentes formulations des réponses.....	20
2.4. Procédure.....	21
2.5. Statistiques	21
3. Résultats.....	23
3.1. Association d'une position à un nombre entier.....	23
3.2. Comparaison de nombres entiers	25
3.3. Problèmes arithmétiques	26
4. Discussion	27
4.1. Re-contextualisation et résumé des résultats.....	27
4.2. Mise en lien avec les recherches antérieures.....	28
4.3. Limites	30
4.4. Perspectives	30
4.5. Impacts et apports	31
Conclusion générale	32
Bibliographie.....	33
Annexes.....	35

Introduction

Les résultats de l'enquête TIMSS (Trends in Mathematics and Science Study) réalisée en mathématiques en 2019 avec des élèves de CM1 montre que la France obtient des résultats inférieurs à la moyenne des résultats d'une quarantaine d'autres pays (485 points pour la France et 529 points pour l'OCDE). Or, d'après l'article de Link, Moeller, Huber, Fischer et Nuerk (2013), des compétences qui ne sont pas assez maîtrisées en mathématiques peuvent avoir un impact encore plus délétère pour la vie future d'un individu que des lacunes en lecture et en orthographe. Il est donc important de trouver de nouveaux moyens qui permettront d'améliorer le niveau des élèves en mathématiques. Dans cette optique, la recherche, sur la didactique notamment en mathématiques, constitue une aide précieuse pour les enseignants.

Les mathématiques représentent une partie très importante du programme de l'école primaire et plus encore de celui de maternelle. L'étude que nous avons choisie de mener consiste à voir le rôle des déplacements corporels sur les apprentissages en mathématiques des jeunes enfants. Cette recherche est en lien avec les compétences travaillées et présentes dans le programme de maternelle. La réalisation de cette étude en grande section, c'est-à-dire en fin de cycle 1, prend tout son sens. Effectivement, il est intéressant d'observer l'amélioration éventuelle des compétences numériques avant les évaluations nationales de cours préparatoire.

La première partie présentera l'état de l'art sur la notion de nombre au sens large, puis plus précisément sur le nombre chez le jeune enfant, sur l'engagement du corps dans les apprentissages, et enfin sur le lien entre les apprentissages numériques et les déplacements corporels. En deuxième partie, nous amènerons la méthodologie de notre étude avec le déroulement du protocole retenu pour les 117 élèves de grande section. La troisième partie exposera les résultats, l'objectif étant ici de déterminer si les déplacements corporels de l'élève ont permis une évolution significative des résultats en arithmétique par rapport aux autres conditions. La recherche se terminera par une partie de discussion des résultats. Nous exposerons les limites possibles, les évolutions et les apports que nous avons retenus de cette recherche.

1. Cadre théorique

1.1. Le nombre

1.1.1. Définition générale

Le mot « nombre » reçoit plusieurs acceptions. Selon le dictionnaire Larousse, c'est « une notion qui permet de compter, de dénombrer les choses ou les êtres, de classer les objets, de mesurer les grandeurs », c'est également un « symbole caractérisant une unité ou une collection d'unités », une « quantité, une pluralité d'éléments de même nature » ainsi qu'une « quantité relative de choses ou de personnes ». Le nombre est donc une notion qui est complexe et, selon son emploi, peut représenter différents éléments.

Le nombre est décrit par des modèles comme le Triple Code de Dehaene (Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003, cités dans Gimbert, 2016) qui est actuellement le plus reconnu. Ainsi, le nombre est représenté par trois systèmes. Tout d'abord, deux systèmes permettent de traiter des codes symboliques. Le système verbal permet la représentation d'un nombre par un mot, dénommé « mot-nombre ». Ensuite, dans le système visuel arabe, le nombre est donné par une écriture chiffrée arabe. Il est possible de passer de l'un à l'autre de ces deux systèmes sans avoir compris le sens du nombre. Enfin, le système des quantités permet de traiter les codes analogiques, c'est un code non symbolique. Il a un rôle particulier. En effet, il permet de donner du sens au nombre et de déterminer la quantité d'éléments constitutifs d'une collection. Les quantités peuvent être discrètes ou continues. Ce code permet donc de donner la magnitude d'un nombre, il s'agit en fait de la grandeur numérique du nombre. Il est possible de passer des deux premiers systèmes à ce dernier puisqu'ils sont tous les trois liés. Ainsi, après avoir traité un nombre avec le code arabe ou le code verbal, il est possible de le mettre sous la forme du code analogique et inversement.

Le nombre représenté avec le code symbolique (en écriture chiffrée arabe ou avec le mot-nombre) peut donc être associé avec sa représentation non-symbolique (grandeur analogique), cela s'appelle la capacité numérique de « mapping ». Siegler et Ramani (2009, cités dans Gimbert, 2016) ont étudié cette capacité suite à l'élaboration d'un jeu numérique linéaire. Il a ainsi été observé qu'avec un tel jeu, les capacités de « mapping » sont améliorées. En effet, les enfants devaient associer un nombre avec une position plus ou moins espacée du début de la bande selon la grandeur du nombre. Cette amélioration pourrait être due à un

encodage multiple.

La représentation d'un nombre pour un individu peut se construire grâce à la cognition numérique. D'après Dackermann, Fischer, Nuerk, Cress et Moeller (2017), la cognition est la manière dont une connaissance est acquise et représentée dans le cerveau.

1.1.2. Les liens entre représentation des quantités et représentations spatiales

Winter, Matlock, Shaki, Fischer (2015) présentent dans une revue de littérature plusieurs travaux mettant en évidence l'effet SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code). Il s'agit d'une relation entre les nombres et l'espace. Les personnes auraient une ligne mentale de nombres orientée dans le cerveau. L'orientation de cette ligne peut être différente et sera à l'origine des différents effets SNARC. Comme le rapportent Winter et ses collègues (2015), Dehaene et al. (1993, cités dans Winter et al., 2015) ont observé lors d'une expérience que les adultes traitent plus rapidement les petites quantités avec un bouton situé sur le côté gauche et les grandes avec un bouton situé à droite. Cette observation met en évidence l'effet SNARC bien que d'autres chercheurs aient déjà évoqué la représentation spatiale des nombres (Galton, 1880 ; Restle, 1970 ; Seron, Pesenti, Noël, Deloche, & Cornet, 1992, cités dans Winter et al., 2015). Ainsi, les nombres pourraient interagir avec l'environnement spatial de l'individu. Trois effets SNARC différents ont pu être décrits. Le premier est l'effet SNARC horizontal. Les nombres seraient ainsi représentés selon une ligne mentale horizontale. Les petits nombres seraient alors situés à gauche alors que les grands nombres seraient situés à droite. Plusieurs travaux ont mis en évidence ce phénomène. L'origine de celui-ci peut venir des conventions culturelles. Par exemple, les occidentaux écrivent et lisent de gauche à droite. L'effet SNARC vertical a également été présenté dans cette revue de littérature. Pour celui-ci, la ligne mentale serait verticale et les petits nombres seraient situés en bas alors que les grands nombres seraient en haut. Plusieurs éléments peuvent être à l'origine de cet effet. Il aurait un lien avec le monde physique (représentation mentale du remplissage d'un récipient) et linguistique (représentation mentale du terme « chute » des prix). L'effet SNARC sagittal est le dernier présenté par Winter et al. (2015). Les nombres de petites magnitudes seraient représentés proches de l'individu alors que les nombres associés à une grande magnitude seraient plus loin. Les études ont montré que l'effet SNARC horizontal est généralement le plus prononcé bien que le vertical soit prédominant chez quelques personnes.

1.1.3. La ligne numérique et la représentation mentale

Selon Dehaene, Bossini et Giraux (1993, cités dans Fischer, Moeller, Huber, Cress, & Nuerk, 2015), il existerait une représentation mentale spatialisée des nombres. Ainsi, les nombres, qui sont associés à des grandeurs, seraient représentés dans un ordre croissant le long d'une ligne orientée de gauche à droite. Siegler et Opfer (2003, cités dans Fischer, Moeller, Huber, Cress, & Nuerk, 2015) ont réalisé une expérience avec des participants auxquels ils ont demandé d'estimer la position de nombre sur une ligne numérique hypothétique c'est à dire sans aucun nombre apparent. Les résultats confirment que les nombres sont ordonnés mentalement sur une ligne orientée de gauche à droite. Cette représentation serait mentale et chaque individu se construirait la sienne. Elle présente un intérêt. En effet, pour Siegler et Ramani (2009), cette représentation linéaire numérique améliorerait les capacités des enfants pour répondre à des problèmes arithmétiques comme les additions et les soustractions. Au cours de leur étude, ils ont voulu vérifier leur hypothèse et ont donc étudié les représentations linéaires et les représentations circulaires. Un plateau de jeu linéaire était présenté pour la première condition et un plateau de jeu circulaire pour la seconde. L'usage d'une représentation linéaire s'est révélé plus efficace pour les apprentissages. Cette représentation s'apparente davantage à la représentation mentale de la ligne des nombres ce qui permettrait ainsi d'obtenir de meilleurs résultats avec le jeu linéaire. Link et al. (2013) s'appuient également sur les recherches de Ramani et Siegler (2008, cités dans Link et al., 2013) pour présenter d'autres compétences que les jeux linéaires permettent d'améliorer. Ainsi, ils relèvent chez les enfants qui ont joué au jeu linéaire une amélioration des capacités de comptage, de dénomination et de comparaison des nombres. Cette constatation intervient bien que toutes ces compétences n'aient pas été travaillées spécifiquement avec le jeu. Cependant, ces compétences ont été améliorées chez les individus qui ont participé au jeu, alors que seule la compétence du positionnement des nombres sur la ligne numérique a été travaillée. D'autre part, ces jeux linéaires seraient une aide pour la correspondance des nombres sur la ligne numérique mentale. Par ailleurs, selon Link et al. (2013), la ligne numérique mentale met en avant une représentation spatiale de la magnitude d'un nombre qui s'active automatiquement lors de la rencontre d'un nombre.

1.2. Les nombres chez les jeunes enfants

Dès le plus jeune âge, les enfants sont confrontés aux nombres dans leur vie quotidienne sans qu'ils leur donnent une réelle signification. Les enfants arrivent par exemple à réaliser du « subitizing » quand ils sont face à de petites quantités d'éléments c'est à dire qu'ils connaissent

la quantité d'objets avant de l'avoir compter. D'après Dakermann et al. (2017), la recherche montre que les associations spatio-numériques sont présentes très tôt chez le jeune enfant. Le nombre est une notion essentielle et complexe qui doit commencer à être travaillée le plus tôt possible. La scolarisation étant obligatoire pour les enfants dès l'âge de trois ans, en France, c'est dès ce moment-là que les apprentissages primordiaux autour du nombre débutent, tels que la comparaison de nombre ou encore l'association d'un nombre à une position.

1.2.1. Les programmes de maternelle

En lien étroit avec notre étude, le programme de maternelle, publié sur le site Eduscol, comporte un domaine d'apprentissage fondamental : « Acquérir les premiers outils mathématiques ». Dans ce domaine, des objectifs autour de la construction du concept de nombre sont visés, tels que savoir « Utiliser le nombre pour désigner un rang, une position ». Un des attendus de fin de cycle travaillé est « Utiliser le nombre pour exprimer la position d'un objet ou d'une personne dans un jeu, dans une situation organisée, sur un rang ou pour comparer des positions ». Ce savoir, pour les nombres jusqu'à 10, doit être acquis avant l'entrée en cours préparatoire où il sera utilisé par exemple lors de problèmes d'addition et de positionnement de nombres sur un axe gradué. Les enseignants des classes de maternelle ont pour objectif d'amener l'ensemble des élèves à maîtriser ces notions en fin d'année. Il existe plusieurs méthodes pour y arriver.

Néanmoins, le programme n'évoque pas la ligne numérique en particulier. Pourtant, les recherches, comme celle de Fischer et al. (2015), nous montrent qu'elle est importante pour la conception mentale du nombre par l'enfant. Elle permet de travailler la position d'un nombre par rapport à un autre. Il serait intéressant que le programme évoque des méthodes afin d'améliorer les savoir-faire cités précédemment dans le but d'atteindre les attendus de fin de cycle.

1.2.2. L'importance des apprentissages numériques chez les enfants

Les apprentissages numériques représentent des notions fondamentales pour la société et en particulier pour l'individu. Link et al. (2013) affirment cette idée en soulignant les pertes financières, pour la société et les entreprises, induites par une mauvaise maîtrise des mathématiques. Au niveau individuel, comme énoncé dans l'introduction, Parsons et Bynner (2005, cités dans Link et al., 2013) considèrent les lacunes potentielles en mathématiques d'un enfant comme plus préjudiciables encore que ses lacunes en lecture ou en orthographe. Il est important de construire chez l'enfant une représentation spatiale de la ligne numérique qui soit

claire. En effet, elle sera à l'origine des capacités en mathématiques et plus précisément en arithmétique dans les années à venir. Cette idée est soutenue par l'étude de Booth et Siegler (2008, cités dans Link et al., 2013). Ils ont remarqué que la maîtrise de l'estimation de la position des nombres sur la ligne numérique a amélioré les capacités des enfants en arithmétique. De plus, chaque notion qui n'est pas acquise, au cours de la scolarité d'un enfant, ne sera pas forcément travaillée à nouveau par la suite. Elle deviendra alors une lacune qui pourrait avoir des conséquences lourdes sur sa vie future, notamment sur son parcours scolaire et professionnelle. Selon Link et al. (2013), travailler les estimations de nombres sur la ligne numérique améliore les apprentissages arithmétiques.

Mavilidi, Okely, Chandler, Domazet et Paas (2018) affirment eux aussi qu'il est important pour l'amélioration de leurs compétences en mathématiques que les élèves soient le plus tôt possible proches du « monde des mathématiques ». Un impact positif sur leurs capacités futures dans ce domaine pourra alors être observé. D'autre part, les élèves seront moins en situation d'échec face à une matière qui peut parfois être perçue comme anxiogène (Maloney & Beilock, 2012 ; Mavilidi, Hoogerheide, & Paas, 2014, cités dans Mavilidi et al., 2018).

1.3. L'engagement du corps dans l'apprentissage

1.3.1. Les effets potentiels d'interférence des gestes sur les apprentissages

Les gestes peuvent avoir des effets négatifs sur les apprentissages. En effet, la mémoire de travail qui se situe entre la perception de l'action et la mémoire à long terme, ne peut pas traiter un grand nombre d'informations en même temps. Pourtant, réaliser certaines tâches cognitives demande une charge cognitive importante, c'est-à-dire une abondance de moyens intellectuels nécessaires pour l'effectuer. La charge cognitive prend aussi en compte les éléments extérieurs de l'action. Comme le révèlent Bara et Tricot (2017), les gestes pourraient augmenter la charge cognitive à gérer pour l'individu. Ils représenteraient donc une surcharge cognitive et chaque individu ne pourrait pas forcément se permettre de réaliser ces gestes en même temps que la tâche cognitive. Ce constat a été observé chez des enfants de 3 ans, auxquels il a été demandé de réaliser des actions en même temps que de prononcer le verbe correspondant à l'action. Cette activité demande beaucoup d'attention de la part des élèves. En effet, étant jeunes, certains déplacements ne sont pas encore bien maîtrisés. Par conséquent, ils pourraient avoir un impact négatif sur les apprentissages en les fragilisant au niveau qualitatif. Dans cet

article, l'idée exposée est qu'il faut donc rester prudent avec l'utilisation de méthodes d'apprentissages mettant en jeu le corps et utiliser ces dernières dans certains cas seulement.

Ils rappellent également qu'il existe trois charges cognitives différentes qui interviennent souvent de concert au cours de la réalisation d'une tâche. La première est la charge intrinsèque. Elle correspond aux ressources mobilisées pour l'accomplissement de la tâche elle-même. La deuxième est la charge essentielle qui est nécessaire pour l'apprentissage en particulier. Pour cette charge, il faut déconstruire de mauvaises connaissances acquises par le passé, en utiliser d'autres et en bâtir de nouvelles de la meilleure façon possible afin de pouvoir les réutiliser par la suite. Posséder des bases de connaissances sur la nouvelle notion travaillée permettra de limiter cette charge pour l'apprenant. La charge extrinsèque est le dernier type de charge cognitive décrit. Elle équivaut aux moyens à mettre en place pour traiter les informations en dehors de la tâche elle-même. Il faut donc éviter au maximum que cette charge soit présente dans les apprentissages car elle les ralentit. Une façon de limiter cette charge serait de simplifier l'apprentissage. Selon la théorie de la charge cognitive, le mouvement agit sur deux charges cognitives. Il a un impact sur la charge extrinsèque et sur la charge intrinsèque en les élevant. De fait, l'apprenant peut se perdre dans l'ensemble des informations qu'il doit analyser : les nouvelles connaissances et les mouvements à réaliser. Les mouvements peuvent alors être perçus comme extérieurs à la connaissance travaillée.

Bara et Tricot (2017) ajoutent aussi que d'une personne à l'autre des différences sont relevées, notamment en fonction de l'état de leurs connaissances initiales sur le sujet traité. Pour les personnes chez qui ces connaissances initiales sont bonnes, l'usage des gestes dans l'apprentissage peut être inefficace ou même avoir un impact négatif. En effet, les personnes qui maîtrisent des sujets proches de celui traité peuvent être dérangées par les gestes corporels qui leurs sont inutiles pour l'apprentissage. A l'inverse, pour les personnes pour lesquelles ces connaissances semblent fragiles mais qui les ont déjà abordées, l'usage des gestes durant l'apprentissage va être avantageux. Ensuite, pour les personnes qui commencent l'apprentissage de la notion, ajouter la gestuelle va les surcharger d'informations. Enfin, pour les personnes qui maîtrisent déjà la notion, leur greffer des gestes en plus de l'apprentissage ne sera d'aucune valeur ajoutée.

1.3.2. Cognition et environnement

Selon une approche cognitiviste, le processus qui leur permet d'assimiler une nouvelle information pour construire une nouvelle connaissance, puis de s'en resservir, s'appelle la

cognition. Il s'agit donc de la manière dont la connaissance est acquise puis représentée dans le cerveau. La cognition, de par sa complexité, est à l'origine de nombreux débats qui ont été détaillés dans la revue de littérature de Barsalou (2008). Ainsi, il y a une première théorie qui est le cognitivisme. Pour les personnes qui la défendent, le cerveau a un fonctionnement proche de celui d'un ordinateur. Les informations sont stockées grâce à des symboles amodaux, c'est-à-dire par des symboles abstraits. L'environnement ainsi que les différents états corporels de l'individu n'ont pas une incidence fondamentale sur l'acquisition de nouvelles informations par le cerveau. Une autre théorie, s'opposant à la première, soutient que les représentations dans le cerveau sont constituées de symboles modaux, c'est à dire de symboles perceptibles sensoriellement, c'est la cognition incarnée. Pour ses défenseurs, les connaissances sont donc liées aux interactions sensorimotrices. Ainsi, dans un contexte sensorimoteur, une connaissance est intégrée et enregistrée dans le cerveau en relation avec des éléments de son environnement grâce à l'implication du corps de l'individu. L'environnement, le contexte sensorimoteur et l'acquisition des connaissances sont indissociables. La cognition incarnée est constituée de trois éléments distincts. Tout d'abord, il y a la simulation. Ainsi, un individu se représente un objet en réactivant les différentes perceptions (vision, toucher, mouvements corporels, ...) qu'il a pu avoir lorsqu'il l'a rencontré dans la réalité. Un deuxième élément constituant la cognition incarnée est la théorie de l'action située. Suite aux travaux de Gibson (1979, cités dans Barsalou, 2008), cette théorie soutient que l'environnement a un rôle essentiel pour la construction et la structuration des informations dans le cerveau. Enfin, les états corporels sont les derniers éléments qui semblent importants pour la cognition incarnée. Cependant, il manque encore des expérimentations afin d'expliquer plus précisément le rôle des interactions sensorimotrices. Bara et Tricot (2017) soutiennent que l'apprentissage peut se construire par des interactions sensorimotrices et qu'elle résulte d'une relation entre l'environnement et le corps. C'est notamment le cas pour les langues étrangères. Il a été remarqué que mimer les nouveaux mots en les disant est plus efficace pour les retenir qu'un apprentissage classique, c'est-à-dire sans geste de la part des élèves, âgés de 4 et 5 ans. (Mavilidi, Okely, Chandler, Cliff, & Paas, 2015 ; Toumpaniari, Loyens, Mavilidi, & Paas, 2015, cités dans Bara et Tricot, 2017).

1.3.3. Les effets bénéfiques des gestes pour les apprentissages

Deux grands groupes s'opposent aux sujets de l'importance des gestes ou non pour les apprentissages. D'un côté, ceux qui s'appuient sur la théorie de la charge cognitive. D'un autre côté, ceux qui développent la théorie de cognition incarnée. Les représentations sont essentielles pour fixer les apprentissages dans la mémoire. Or, pour les défenseurs de la cognition incarnée, sans interactions sensorimotrices les individus n'atteignent pas les représentations et par

conséquent, il n'y a pas d'apprentissage. Selon Bara et Tricot (2017), lors d'une tâche, le fait d'avoir recours à une diversité d'informations sensorielles mènerait à une diversité d'encodage et serait intéressant pour diminuer la charge cognitive dans la mémoire de travail. L'impact serait donc présent pour une meilleure mémorisation et l'individu arriverait plus simplement à mettre en rapport les informations. Bara et Tricot (2017) ajoutent qu'il a déjà été remarqué que le déplacement du corps mêlé aux apprentissages peut s'avérer fructueux, notamment dans des situations autour des formes géométriques et des nombres. Les enfants appréhendent ensuite mieux ces concepts. L'étude mise en place par Kalenine, Pinet et Gentaz (2011, cités dans Bara et Tricot, 2017), montre l'influence positive du toucher pour les connaissances autour des formes géométriques. La compréhension de textes est elle aussi favorisée par l'emploi du corps. Une étude a été menée par Glenberg, Gutierrez, Levin, Japuntich et Kaschak (2004, cités dans Bara et Tricot 2017) au cours de laquelle il a été mis en avant que les enfants qui devaient lire une histoire en déplaçant les figurants miniaturisés de cette dernière en même temps comprenaient mieux le récit que les autres.

Enfin, d'après Bara et Tricot (2017), le rappel des informations apprises et le processus de mémorisation sont soutenus par un apprentissage incarné et des perceptions sensorimotrices. Goldin-Meadow, Nusbaum, Kelly & Wagner (2001, cités dans Fischer, Moeller, Bientzle, Cress & Nuerk, 2011) confirment cette idée dans leur article en affirmant que lors de problèmes mathématiques, la charge mentale serait réduite chez les jeunes grâce aux gestes qui contribueraient à la mise en place de représentations cognitives donnant du sens aux problèmes.

1.4. Le lien entre les apprentissages numériques et les déplacements corporels

1.4.1. Rôle des gestes dans l'apprentissage des nombres

La représentation et la compréhension des nombres peuvent être analysées par le biais de la cognition incarnée. Il s'agit de la numératie. En effet, comme le soulignent Fischer et al. (2015), les nombres peuvent être assimilés à des expériences corporelles. Par exemple, les individus peuvent utiliser leurs doigts pour représenter des nombres. L'usage des doigts est observé chez les enfants, mais il a aussi des répercussions chez les adultes. Ainsi un individu, après qu'il est appris à compter avec l'usage de ses doigts peut comparer la magnitude de deux nombres. Il peut se souvenir de cette méthode et l'utiliser de nouveau. Il peut également l'appliquer pour résoudre des problèmes d'arithmétique, comme les additions ou les

soustractions (Domahs, Moeller, Huber, Willmes & Nuerk, 2010 ; Fischer, 2008, cités dans Fischer et al., 2015). Ainsi, les bénéfices de l'usage du corps au moment des apprentissages sont observables longtemps après l'assimilation.

1.4.2. Trois mécanismes impliqués dans les entraînements numériques incarnés

D'après Dakermann et al. (2017), il existe trois mécanismes impliqués dans les entraînements numériques avec le corps. Le premier mécanisme décrit est celui de « correspondance de l'espace physique et de la magnitude du nombre ». Il associe deux types de magnitude, à savoir la magnitude du nombre avec la magnitude dans l'espace en trois dimensions. Le deuxième mécanisme est celui « d'interaction entre les différentes régions de l'espace personnel ». Un individu exécute son action dans un espace composé de trois ensembles. Le premier est nommé « personnel », le deuxième « péripersonnel », le dernier « extrapersonnel ». Ils correspondent respectivement à la surface du corps de l'individu, à l'espace à sa portée, et à l'espace au-delà, c'est à dire hors d'atteinte sans déplacement de l'enfant. Dakermann et al. soulignent que ce serait l'interaction entre ces deux derniers espaces qui serait essentiel dans la correspondance entre les nombres et l'espace physique. Ils rappellent aussi que le développement de l'espace extrapersonnel s'opère plus tardivement dans la vie que l'espace péripersonnel. Le troisième mécanisme s'intitule « intégrer différents cadres de référence spatiaux ». Lors de la réalisation d'une tâche, la position des objets dans l'espace peut dépendre de la vision de la personne elle-même, appelée cadre de référence égocentrique, ou de la position par rapport à d'autres objets, appelée cadre de référence allocentrique. Ces cadres de référence sont modifiés pendant le déplacement, passant de allocentrique à égocentrique pour revenir à allocentrique lors de l'estimation du nombre. Cela aide l'individu pour l'apprentissage.

1.4.3. Les apprentissages numériques favorisés par les déplacements corporels

Link et al. (2013) ont également mis en évidence l'efficacité de l'usage du corps avec les nombres. En effet, ils ont mis en place une étude avec des enfants âgés d'environ 7 ans. Les enfants participant à cette étude devaient estimer un nombre sur une ligne numérique allant de 0 à 100. Un premier groupe suivait un entraînement incarné le long de la ligne numérique

positionné sur le sol. Ce groupe devait suivre la ligne numérique en marchant dessus jusqu'à la position où il estimait que le nombre donné se trouvait. Arrivé à la position, un capteur enregistré la réponse. Le second groupe n'avait pas recours à l'usage du corps mais devait estimer la position du nombre sur une ligne numérique représentée sur un ordinateur. Dans les deux situations, les élèves avaient un retour sur leurs réponses, soit la réponse était validée, soit la réponse correcte était montrée à l'enfant. Ainsi, il a pu être observé que l'estimation des nombres sur une ligne numérique était meilleure suite à l'intervention de mouvements corporels. De plus, l'utilisation d'une ligne numérique peut dépendre de l'environnement. En effet, sa taille peut varier allant d'une petite ligne sur une feuille de papier à une grande ligne numérique représentée au sol par exemple.

Les nombres sont à l'origine d'apprentissages numériques qui peuvent être variés. Les apprentissages numériques peuvent, dans certains cas, être améliorés par l'intervention de mouvements corporels.

Il a été mis en évidence que la représentation mentale spatialisée des nombres permet une amélioration de certaines connaissances par exemple, le positionnement des nombres sur une ligne numérique (vu précédemment) mais également la comparaison de nombres (Ramani & Siegler, 2008, cités dans Crollen, Noël, Honoré, Degroote, & Collignon, 2020). La comparaison de nombre symbolique a aussi été rendue plus facile suite à l'intervention de mouvement sur la ligne (Link et al., 2013).

Par ailleurs, différentes compétences peuvent alors être travaillées, il y a d'une part l'estimation des nombres sur la ligne numérique, mais également des compétences arithmétiques avec la résolution d'opérations telles que les additions et les soustractions comme Siegler et Ramani (2009) ont pu le mettre en avant. Ces améliorations seraient possibles suite à un encodage multiple faisant donc appel à la théorie sur la cognition incarnée présentée par Barsalou (2008). Ces calculs peuvent être effectués mentalement ou par un calcul posé. Des recherches se sont déjà penchées sur les éventuels effets d'une intervention multisensorielle sur les compétences en arithmétique, en particulier avec l'usage du toucher et de la vue. Suite à ces études, il a été mis en évidence que des additions et des soustractions peuvent être liées à des mouvements spatiaux. Une addition qui est l'ajout de deux nombres au moins et dont le résultat est un nombre plus grand que ceux de la somme correspondrait à un déplacement sur la droite. Une soustraction qui implique de retrancher un nombre à un autre et dont le résultat est plus petit que l'un des deux nombres engendre un mouvement vers la gauche. Il s'agit de l'effet de momentum opérationnel présenté par Crollen et al. (2020, Knops, Viarouge, & Dehaene, 2009

; Masson & Pesenti, 2014 ; McCrink et al., 2007 ; McCrink & Wynn, 2004, 2009 ; Pinhas & Fischer, 2008, cités dans Crollen 2020). Mavilidi et al. (2018) rapportent eux aussi que des recherches ont pu mettre en évidence l'efficacité de la réalisation de mouvements corporels. Ils citent le travail de Ruiter et al. (2015) qui ont étudié l'apprentissage du nombre à deux chiffres et ont montré que les représentations étaient meilleures chez les élèves qui ont utilisé le mouvement corporel en faisant des pas de taille variable sur une règle posée au sol. (Ruiter et al., 2015, cités dans Mavilidi et al., 2018).

Crollen et ses collègues (2020) ont en particulier voulu voir la différence entre un apprentissage visuo-haptique et un simple apprentissage visuel sans implication du corps. Suite à leur étude, ils ont pu mettre en évidence qu'un entraînement multisensoriel est plus efficace qu'un entraînement visuel seul. Il est en particulier plus efficace pour les tâches en arithmétique.

Dans certains domaines, des apprentissages par l'observation des paires ont déjà été mis en évidence et expliqués par le « système des neurones miroirs ». Il s'agit d'un système qui s'active lorsqu'autrui réalise des mouvements et que la personne le regarde faire. D'après ce système, la personne observatrice simule la réalisation de l'action dans son cerveau. Elle peut, ensuite, plus facilement reproduire les mouvements par imitations ce qui constitue un apprentissage (Fadiga, Fogassi, Pavesi & Rizzolatti, 1995 ; Rizzolatti & Craighero, 2004, cités dans Mavilidi, 2018). Ainsi, l'observation d'un individu se déplaçant sur la ligne numérique pourrait remplacer les effets d'un réel mouvement le long de celle-ci. Une étude met en avant que l'observation des gestes permet d'acquérir la connaissance plus longtemps ; par exemple, pour résoudre des problèmes d'équivalence. (Cook, Duffy & Fenn, 2013, cités dans Mavilidi, 2018). L'implication des gestes d'autrui peut cependant être insuffisante dans l'acquisition d'une connaissance. Des études se sont également concentrées sur l'apport de mouvements sur une ligne numérique d'une tierce personne dans les apprentissages mathématiques. Celles-ci ont révélé qu'il n'y a pas forcément d'effet bénéfique. (Mavilidi et al., 2018 ; Ruiter et al., 2015, cités dans Mavilidi et al. 2018). En effet, comme l'explique Mavilidi et ses collègues (2018), en fonction de la personne qui réalise les gestes, l'impact sur l'observateur ne sera pas le même. L'action d'un élève ne serait pas aussi bénéfique que celle d'un instructeur qui ferait des gestes précis et qui pourrait en plus expliquer ces gestes. En somme, l'action du corps par une personne semble efficace pour les apprentissages alors que l'effet de l'observation des mouvements d'une personne tierce sur les apprentissages doit encore être approfondi.

1.5. Problématique

D'après les études précédemment décrites, le nombre tient une place importante dans le programme de maternelle mais aussi dans la vie future des élèves. De nombreuses recherches ont révélé l'importance de la ligne numérique pour les apprentissages numériques. Cependant, celle-ci est peu abordée dans les instructions officielles. Par ailleurs, il a été montré que les mouvements corporels peuvent avoir un rôle essentiel dans les apprentissages. La théorie de la cognition incarnée appuie cette idée selon laquelle les mouvements du corps peuvent être bénéfiques. Des recherches ont également mis en évidence l'importance des mouvements d'un tiers dans l'apprentissage tout en nuancant les effets de ceux-ci avec les effets délétères. En effet, certaines études montrent que les effets ne sont pas forcément meilleurs qu'un apprentissage conventionnel avec un instructeur. Les apprentissages qui ont pu être mis en évidence à travers ces travaux sont des tâches notamment de comparaisons de nombres, de positionnements de nombres sur la ligne numérique, et de résolutions de petits problèmes mathématiques nécessitant le recours à l'addition.

Tous ces articles nous ont conduit à nous interroger sur la problématique suivante : Est-ce que l'usage du corps, par son propre mouvement ou par celui d'un tiers, sur la ligne numérique a un effet bénéfique sur l'estimation des nombres entiers sur une ligne numérique, sur la comparaison de nombres entiers et sur la résolution de problèmes additifs et soustractifs chez les élèves de grande section de maternelle ?

Suite à nos recherches, nous avons émis plusieurs hypothèses. Premièrement, nous pensons que les entraînements avec une ligne numérique améliorent les compétences. Deuxièmement, nous supposons que les entraînements avec déplacement de l'élève vont permettre une amélioration de l'estimation d'un nombre sur la ligne numérique, des progrès pour la comparaison entre deux nombres, et avoir des effets positifs sur la résolution de problèmes mettant en jeu l'addition et la soustraction. Ensuite, nous envisageons également une amélioration de ces compétences par l'observation du déplacement d'une tierce personne. Au vu des recherches, nous nous attendons enfin à voir une progression plus importante avec le propre mouvement de l'élève que lors de l'observation du déplacement d'un tiers. Pour tenter de valider ou d'invalider ces hypothèses, nous avons mis en place une séquence d'entraînement sur la ligne numérique avec trois conditions d'entraînement différentes : le déplacement de l'élève lui-même, l'observation de celui d'un encadrant et enfin l'absence de mouvement.

2. Méthode

2.1. Méthode

2.2. Participants

Notre étude a été réalisée dans 11 classes de grande section de maternelle dans l'académie de Grenoble et a mobilisé la participation de 117 élèves dont les parents ont signé une autorisation afin d'inclure leurs enfants de manière anonyme dans cette expérimentation. Les enfants dont les parents ont refusé l'utilisation des données pour l'étude ont tout de même participé aux séances proposées sans prise en compte des résultats. 58 filles et 59 garçons ont participé à l'étude. L'âge moyen de ces élèves est de 5 ans et 8 mois environ au moment du pré-test. 4 classes ont été testées avec la première condition (déplacement corporel) soit 47 élèves. 2 classes ont été testées avec la deuxième condition (observation du déplacement d'un tiers) soit 22 élèves. 3 classes ont été testées avec la dernière condition (sans déplacement) soit 48 élèves.

	Effectifs	Sexe		Age moyen	Latéralisation	
		Filles	Garçons		Droitier	Gaucher
Total	117	58	59	5,66	103	14
Condition avec déplacement de l'élève	47	25	22	5,70	41	6
Condition avec Déplacement d'une tierce personne	22	8	14	5,64	20	2
Condition sans déplacement	48	25	23	5,64	42	6

2.3. Matériel

2.3.1. Introduction de la séquence

Lors d'une première séance, il y a eu la présentation du travail que nous allions faire. Nous leur avons expliqué qu'ils allaient réaliser plusieurs exercices sous forme de jeux afin de

nous aider à mieux comprendre comment les enfants apprennent les nombres à l'école.

Ensuite, il y a eu l'introduction du nombre « 0 ». L'écriture en chiffre arabe, le mot-nombre et son sens ont ainsi été présentés. Pour cela, nous avons utilisé une boîte à chaussures et des jetons. Nous avons tout d'abord placé trois jetons dans la boîte avant de la leur montrer. Ensuite, nous avons enlevé les jetons puis de nouveau montré la boîte avant de leur demander le nombre de jetons présents. Les élèves nous ont donné différentes réponses comme « zéro » ou « aucun ». Nous avons ensuite confirmé en disant que la boîte était « vide » et qu'il y avait donc « zéro jeton ». Nous leur avons demandé comment écrire le « 0 ». Nous avons eu plusieurs réponses, certaines avec le geste à faire pour réaliser ce nombre en écriture chiffrée arabe ou d'autres avec une description telle que « c'est un peu comme un O ». Nous l'avons donc écrit au tableau puis l'étiquette « 0 » a été ajoutée à la ligne numérique dans la classe qui n'avait pas de « 0 » par choix de l'enseignante. Ensuite, afin que tous comprennent bien la notion de zéro, nous avons de nouveau utilisé la boîte à chaussures. Nous y avons placé deux jetons en le disant aux élèves mais sans les leur montrer. Nous leur avons demandé combien de jetons contenait la boîte puis nous les avons enlevés. Ils ont ensuite dû nous dire combien de jetons étaient dans la boîte, la réponse attendue étant zéro. Afin de valider la réponse, nous avons montré la boîte ouverte.

Enfin, il y a eu la présentation de l'activité qui allait être mise en place lors des séances d'entraînement. Au préalable, une ligne numérique avait été placée au sol face aux enfants. Elle était identique à celle des entraînements. Sur cette ligne, nous avons disposé des pancartes, allant de « 0 » à « 10 ». Le « 0 » était situé sur la gauche des enfants et le « 10 » sur leur droite. Il y avait également deux personnages représentés, les personnages principaux du jeu : Cédric et Stan. Par ailleurs, chaque élève avait une petite ligne numérique en papier allant de « 0 » à « 10 ». Après avoir expliqué qu'ils allaient jouer à ce jeu plusieurs fois les semaines suivantes afin d'apprendre les nombres, nous avons décrit la ligne en expliquant qu'elle commençait à « 0 », en montrant la pancarte qui était sur la ligne. Puis nous avons montré l'ensemble des nombres entiers jusqu'à « 10 ». Nous avons ensuite demandé aux élèves les mot-nombres correspondant aux pancartes que nous leur montrions. Suite à cela, nous avons enlevé toutes les pancartes sauf celles du « 0 » et du « 10 » et nous avons expliqué la petite histoire qui est le fil conducteur de notre jeu : Cédric a fait une blague à son copain Stan et a enlevé tous les nombres sauf le « 0 » et le « 10 ». Nous avons expliqué que lorsque nous jouerions, nous positionnerions Stan à la place d'une pancarte et qu'ils devraient dire le nombre sur lequel il était. Nous avons

ensuite fait un exemple. Pour cela, nous avons demandé aux élèves de fermer les yeux avant de placer Stan à la place d'une pancarte. Après qu'ils aient donné des réponses, la bonne réponse a été donnée et la pancarte du nombre correspondant a été montrée. De plus, les pancartes « 0 » et « 10 » qui étaient sur la ligne ont été montrées afin qu'il repère bien la position du nombre sur lequel était Stan. Trois exemples au total ont été faits, le premier nombre était le « 1 », le deuxième le « 5 » et le dernier le « 7 ». Cette séance d'introduction s'est déroulée au coin regroupement.

2.3.2. Pré-tests et post-tests

Après avoir réalisé la séance sur le zéro et introduit la ligne numérique, les pré-tests ont été passés. Les pré-tests et les post-tests étaient identiques dans le but de voir l'évolution des élèves suite aux entraînements réalisés entre ces deux sessions. Ils étaient composés de trois exercices sur trois notions différentes (association d'un nombre entier à une position, comparaison de nombres entiers, problèmes arithmétiques). Ils ont été réalisés le plus possible dans un endroit calme. Les résultats sont conservés dans un carnet pour chaque élève pour chacune des deux séances. Ce carnet présente trois tableaux de cotation soit un par exercice.

2.3.2.1. Association d'une position à un nombre entier

Dans ce premier exercice, nous avons travaillé la capacité des élèves à associer un nombre entier à une position sur une ligne numérique miniaturisée de la taille d'une demie feuille A4. Dans un premier temps, l'élève était interrogé sur les nombres situés aux extrémités de la ligne numérique et indiqués sur cette dernière. Si ces nombres n'étaient pas connus, l'expérimentateur les rappelait. Puis l'exercice débutait. Un entraînement et neuf autres nombres à retrouver sur une ligne numérique étaient présents pour cet exercice. Cette ligne numérique présentait le même format pour chacun des nombres à retrouver. La position du nombre à retrouver était indiqué par un trait vertical coupant le segment allant de 0 à 10. Les nombres entre « 0 » et « 10 » ont tous été vus une fois pendant cet exercice. Le nombre « 2 » est le seul à avoir été abordé deux fois. La réponse était donnée à l'oral à l'aide d'un mot-nombre. Pendant l'exercice, si les enfants ne donnaient pas la réponse au bout d'un certain temps ou que la réponse donnée était éloignée de cinq nombres ou plus, il était possible de leur demander à nouveau quelles étaient les bornes de la ligne numérique. Le résultat pour cet exercice était obtenu avec la moyenne des Pourcentages d'Erreur Absolu (PEA) de chaque réponse. Ce PEA correspond à la valeur absolue de la réponse donnée auquel on soustrait la réponse correcte et que l'on divise par dix. Ce résultat est ensuite multiplié par cent. Le meilleur score pouvant être obtenu était de zéro. Le PEA peut atteindre 100% si la réponse donnée par l'élève est supérieur

à 10 ou inférieur à 0. Dans cette situation, l'élève n'aura pas tenu compte des bornes de la ligne numérique.

2.3.2.2. *Comparaison de nombres entiers*

Cet exercice a traité la compétence « comparaison de nombres entiers » et se composait de trois entraînements suivis de trente-six items. Un classeur était présenté à l'élève avec trente-neuf pages présentant deux nombres à comparer allant de 1 à 9. L'élève devait montrer le nombre le plus grand parmi deux nombres. Une fois les entraînements réalisés, un chronomètre était activé pour une durée d'une minute et l'élève devait trouver le plus de bonnes réponses possibles pendant ce temps. Le résultat de l'exercice relevait de la réponse donnée pour chaque entraînement ou item, et du nombre total de réponses données. Un point était attribué pour les réponses correctes et zéro pour celles incorrectes. Le score maximum pouvant être obtenu était de trente-six points.

2.3.2.3. *Problèmes arithmétiques*

Cet exercice abordait la résolution de six problèmes arithmétiques, additifs et soustractifs, amenés par de courtes histoires mettant en avant des situations concrètes de la vie. Deux problèmes précédés les six problèmes pris en compte et représentés les entraînements. Il y était présent par exemple le problème : « Max avait 2 billes. Il en gagne 1. Combien de billes a-t-il en tout ? ». Aucun matériel n'était présent pour l'élève qui devait écouter les énoncés pour répondre. Les nombres utilisés et les résultats étaient compris entre zéro et dix. Pour chaque énoncé, l'élève avait un temps d'une minute et trente secondes maximum pour répondre. Les élèves pouvaient demander que l'énoncé soit répété une fois ou ce dernier pouvait être rappelé après environ une minute sans réponse donnée. L'enfant pouvait ne pas donner de réponse et passer au problème suivant. Le résultat de l'exercice dépendait de la réponse correcte ou incorrecte donnée par l'élève à chaque petit problème mais aussi de la répétition ou non de l'énoncé. Pour chaque question, l'élève pouvait avoir un résultat :

- de deux si la réponse était juste et si l'énoncé n'avait pas été répété.
- de un si la réponse était juste et donnée après la répétition de l'énoncé.
- de zéro si aucune réponse n'était donnée ou si la réponse était fausse.

Le score maximum pouvant être obtenu était donc de douze points.

2.3.3. Entraînements

Les entraînements se sont déroulés sur trois semaines, avec une séance par semaine. Pour les trois séances d'entraînement, une ligne numérique, présentée en annexe 1, a été représentée au sol avec trois mètres de scotch d'une largeur approximative de 5 cm. Aucune graduation n'était présente sur la ligne excepté les bornes 0 et 10. Un objet distinctif était placé sur le nombre que les élèves devaient trouver. La ligne était positionnée dans un grand espace. En effet, il fallait trois mètres pour la ligne numérique et pour chaque entraînement l'élève était positionné à équidistance de 0 et de 10, à trois mètres en face du 5 de la ligne numérique. La position de départ était marquée par une croix. Cet espace ne devait avoir aucun repère que les enfants auraient pu utiliser pour se rappeler de la position d'un nombre ou pour les aider à en trouver.

Les entraînements étaient constitués de trois conditions différentes. Une condition était attribuée à chaque classe. Chaque élève réalisait les trois séances d'entraînement toujours avec la même condition.

Chaque séance des trois conditions d'entraînement comportait les neuf essais, avec un nombre compris entre 0 et 10 à retrouver sur la ligne numérique, présentés dans le même ordre quelle que soit la condition. Sur la totalité des séances, chaque nombre de 1 à 9 a été vu trois fois. Les séances commençaient toujours par un exemple au cours duquel les actions à réaliser par l'élève étaient expliquées au fur et à mesure. Il y avait toujours d'abord un essai avec le nombre 1. L'élève était sur la position de départ, il fermait les yeux et se retournait pendant que l'encadrant plaçait l'objet sur la position du nombre à trouver. Ensuite, l'élève ouvrait les yeux, se retournait et estimait le nombre différemment en fonction de la séance. Lors de chaque entraînement, un élève passait seul pendant environ 15 minutes.

2.3.3.1. *Les différentes conditions*

Notre étude cherchait à vérifier si un déplacement corporel pouvait aider l'élève dans les apprentissages numériques. Nous avons donc mené trois conditions expérimentales au cours de cette expérience. La première condition cherchait à vérifier l'impact du déplacement corporel sur les apprentissages, la deuxième à voir l'impact de l'observation d'un tiers, la troisième condition jouait le rôle de contrôle.

La première condition était celle du déplacement corporel de l'élève. Après que l'élève

se soit retourné, il se dirigeait vers la position « 0 » où il disait le mot-nombre. Ensuite, il devait se déplacer en marchant lentement le long de la ligne numérique jusqu'à la position correspondant au nombre à trouver. Arrivé à cet emplacement, l'enfant formulait sa réponse avant que l'encadrant ne lui fasse un feedback. Il continuait de marcher le long de la ligne numérique jusqu'au 10. Il donnait là aussi le mot-nombre. Enfin, il retournait sur la position de départ.

La deuxième condition était celle du déplacement de l'enseignant. Après que l'élève se soit retourné, il regardait l'encadrant qui se déplaçait doucement le long de la ligne numérique. Ce dernier s'arrêtait sur la position « 0 » et l'élève devait donner le mot-nombre. Puis, il avançait jusqu'à la position de l'objet qui correspondait à la position du nombre à trouver. L'enfant formulait sa réponse avant qu'il ne reçoive un feedback. Puis l'encadrant continuait jusqu'à la position « 10 » où il demandait à l'enfant de dire le mot-nombre. L'élève restait à la même position pendant tout l'entraînement.

La troisième condition s'effectuait sans déplacement ni vision du déplacement d'autrui. Il n'y avait aucun déplacement corporel actif ou passif. Après s'être retourné, l'enfant donnait le mot-nombre de chaque extrémité de la ligne numérique et il formulait sa réponse avant de recevoir le feedback de l'encadrant.

La manière de formuler la réponse dépendait de la séance d'entraînement. Elle va être détaillée dans la partie suivante.

2.3.3.2. Les différentes formulations des réponses

Lors de la première séance, les élèves disposaient d'une feuille présentant la même ligne numérique « miniaturisée » graduée et avec les nombres représentés en chiffres arabes que lors des pré-tests. Cette ligne numérique est présentée en annexe 2. Pour donner sa réponse, l'enfant indiquait le nombre sur la ligne numérique et disait le mot-nombre. L'encadrant renvoyait un feedback en montrant une carte sur laquelle était écrit le nombre attendu. Les cartes utilisées figurent en annexe 3. Puis, il donnait aussi le mot-nombre oralement ainsi qu'une indication de comparaison du type « le nombre que tu as indiqué est plus grand / plus petit que celui que tu devais trouver » en cas d'erreur. Sinon, la réponse était validée. L'encadrant indiquait également la position de l'objet par rapport aux extrémités 0 et 10. Ce feedback était le même pour les séances 2 et 3.

Lors de la deuxième séance, l'élève avait un jeu de onze cartes avec tous les nombres allant de 0 à 10 présentés dans l'ordre croissant. L'enfant choisissait une carte avec le nombre correspondant à son choix puis donnait sa réponse orale avec le mot-nombre.

Pour la dernière séance, l'enfant donnait directement sa réponse oralement avec le mot-nombre.

2.4. Procédure

L'étude s'est déroulée en quatre temps. Tout d'abord, il y a eu une séance d'introduction. Ensuite, les pré-tests ont été réalisés afin d'évaluer le niveau de départ des élèves concernant le repérage des nombres sur la ligne numérique et d'en garder une trace. Cette étape a été individuelle et a duré de 5 à 10 minutes par élève. Ont suivi les entraînements qui se composaient de trois séances séparées d'une semaine entre chacune. Au cours de celles-ci, les élèves sont passés individuellement. Chaque entraînement a duré environ 15 minutes.

L'étude s'est terminée avec les post-tests. Chaque élève est passé individuellement pendant environ 5 minutes. Le but de ces post-tests était d'observer l'effet des entraînements sur le repérage des nombres sur la ligne numérique. Une semaine a séparé les pré-tests et chaque séance d'entraînement. Les post-tests devaient aussi être réalisés une semaine après la dernière séance d'entraînement. Mais, suite au contexte sanitaire, il y a eu des décalages entre chaque groupe. Certains ont réalisé les post-tests une semaine après comme cela était prévu, d'autres ont réussi à les faire passer un mois après seulement.

2.5. Statistiques

Nous avons commencé par réaliser les analyses des données des trois variables dépendantes à savoir la moyenne obtenue lors de chacun des exercices (pour l'exercice 1 : pourcentage de réussite dans l'association d'une position avec un nombre, pour l'exercice 2 : la moyenne de bonnes réponses dans la comparaison symbolique de nombre, pour l'exercice 3 : la moyenne de bonnes réponses à des petits problèmes arithmétiques).

Nous l'avons fait de façon descriptive avec la moyenne associée à l'erreur standard de la moyenne (SE) présentée par des barres d'erreur sur les graphiques, en pré-test, en post-test et selon les trois conditions (déplacement de l'élève, déplacement d'un tiers, aucun déplacement).

Nous avons, pour l'ensemble des données, cherché à exclure les valeurs extrêmes c'est à dire celles qui étaient à plus ou moins 3 écart types de la moyenne de la condition où était situé chaque valeur. Ces choix sont issus du fait que dans une population plus importante ces données seraient apparues seulement chez moins de 0,14% des individus et ces valeurs viendraient biaiser la tendance pour un groupe d'élève appartenant à une condition. De plus, ces valeurs étaient peu représentées dans notre échantillon. Elles ont été supprimées et remplacées par la moyenne de la condition. Ces données sont apparues dans l'exercice 1 chez 4 enfants lors des pré-tests et 5 lors des post-tests.

Nous avons continué avec les statistiques inférentielles pour arriver à analyser les effets de chaque condition d'entraînements sur les résultats aux post-tests pour chacune des variables dépendantes. Nous avons auparavant émis l'hypothèse que quelle que soit la condition, les performances dans chaque exercice allaient augmenter pour les élèves suite aux entraînements. Nous allons donc réaliser des tests de Student entre les moyennes obtenues lors des pré-tests et celles des post-tests pour répondre à cette hypothèse pour chacune de nos variables dépendantes. Nous avons pensé que le délai entre le pré-test et le post-test, qui différait de façon importante selon les élèves et selon les conditions, pouvait influencer les résultats obtenus au post-test. La performance initiale de l'élève récupérée lors des pré-tests qui pouvait être différente selon les conditions pourrait impacter aussi les résultats des post-tests. Nous avons donc utilisé une analyse de covariance (ANCOVA) qui permet de voir l'effet de chaque condition d'entraînements (déplacement de l'élève, déplacement d'autrui et aucun déplacement) sur les résultats obtenus en post-tests pour chaque variable dépendante avec comme covariants, le délai entre les pré-tests et les post-tests et la performance initiale de l'élève.

Nous avons, avant l'expérimentation, déterminé d'autres hypothèses. Notamment deux en particulier :

- les performances en post-tests des élèves pourraient être meilleures après un entraînement en présence d'un déplacement de l'élève ou d'un tiers qu'en l'absence de déplacement.

- les performances en post-tests pourraient être meilleures après un entraînement où l'élève se déplace réellement plutôt qu'avec un entraînement où il voit une tierce personne se déplacer.

Nous avons donc deux hypothèses que nous avons testé au moyen de contrastes *a priori* différents qui vont permettre d’analyser nos résultats et de tester nos hypothèses pour chacune de nos variables dépendantes. Le premier permet de comparer les moyennes des post- tests de deux groupes de conditions d’entrainement (avec déplacement soit de l’élève soit d’un tiers et sans déplacement) : Contraste 1 : $m1$ (moyenne de la condition avec déplacement) + $m2$ (moyenne de la condition de déplacement d’une tierce personne) – 2 $m3$ (moyenne de la conditions sans déplacement) = 0. Le second permet de comparer les moyennes des post-tests des deux conditions d’entrainements avec déplacements (avec déplacement de l’élève et avec vision du déplacement d’une tierce personne) : Contraste 2 : $-m1 + m2 = 0$. Un test de Student permet ensuite de tester la significativité statistiques pour chaque contraste. Le seuil de significativité est fixé à 0,05.

3. Résultats

3.1. Association d’une position à un nombre entier

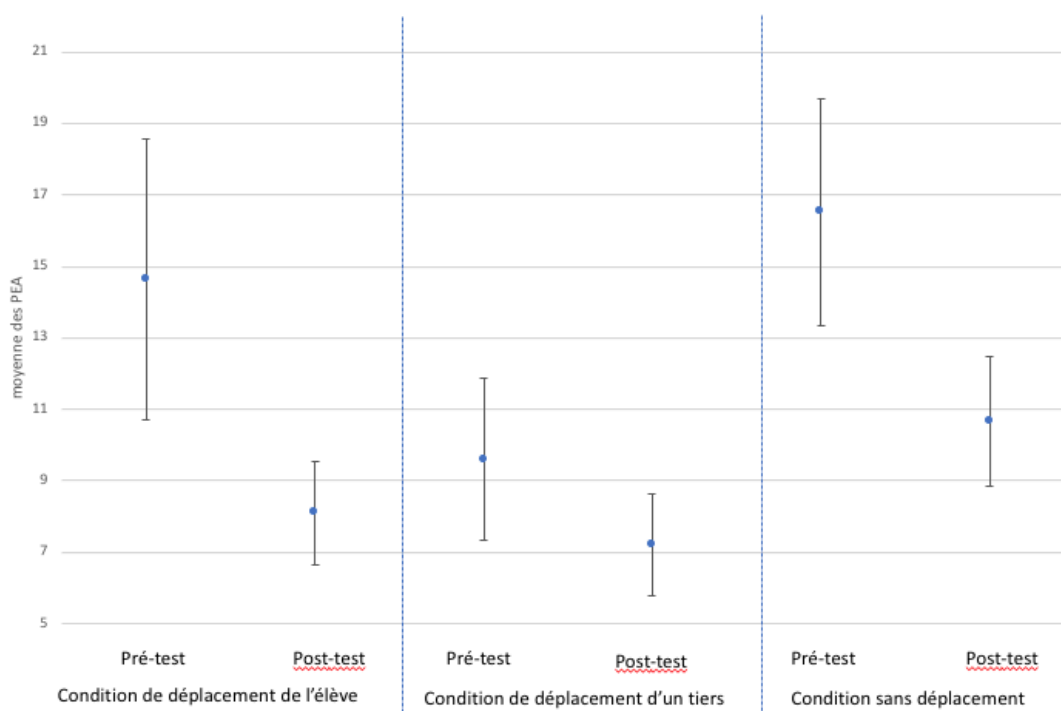


Figure 1 : Moyenne des pourcentages d’erreurs absolues obtenues lors des pré-tests et des post-tests pour les trois conditions d’entrainements et pour le premier exercice évaluant la capacité de l’élève à associer une position avec un nombre: (Cond1) Déplacement de l’élève ; (Cond2) Déplacement d’une tierce personne ; (Cond3) Aucun déplacement. (Les barres représentent les erreurs standards de la moyenne)

Dans cet exercice, il est important de se rappeler que les résultats sont donnés avec la moyenne des pourcentages d’erreurs absolues (PEA).

Le graphique présenté en figure 1 nous permet de remarquer une différence de niveau initial des élèves selon les conditions. La condition 2 a une moyenne de PEA plus basse que les autres conditions donc ils sont déjà compétents dans cette tâche avant les entraînements. Le graphique montre une amélioration des résultats pour ce premier exercice dans toutes les conditions. Les moyennes obtenues pour les post-tests pour la condition 1, 2 et 3 sont respectivement 8,1 % ; 7,22 % ; 10,66 %. Nous remarquons avec les erreurs standards de la moyenne que les résultats obtenus sont plus homogènes pour les élèves aux post-tests qu'aux pré-tests pour les 3 conditions.

La moyenne du pourcentage d'erreur pour l'ensemble de l'échantillon pour cet exercice a diminué entre le pré-test (14,51%) et le post-test (9,04%). Un test de Student montrait que : $[t(1, 115) = 5,27 ; p < 0,001]$. Le $p < 0,05$ prouve que les entraînements ont eu une incidence significative dans l'ensemble des conditions sur les performances des élèves pour l'association d'une position à un nombre.

Il est montré avec l'ANCOVA que le premier facteur covariant qui représente les performances au pré-test $[F(1, 111) = 11,69 ; p < 0,001]$, impactait le résultat aux post-tests car $p < 0,05$. Pour le second facteur covariant, le délai entre pré-tests et post-tests $[F(1, 111) = 0,32 ; p = 0,57]$, n'a pas eu d'effet sur les résultats aux post-tests car $p > 0,05$.

L'effet de la condition expérimentale est analysée au moyen de contraste.

Le contraste C1 fournit pour cet exercice le résultat suivant : $[M = 2,665, SE = 1,26 ; t(111) = 2,12 ; p = 0,036]$. Ici, $p < 0,05$ donc le contraste est significatif. Ces données confirment que les moyennes des résultats aux post-tests, prenant en compte les covariants, sont meilleures chez les élèves qui ont effectué le déplacement ou l'ont vu réalisé par une autre personne lors des entraînements que chez les autres élèves.

Le contraste C2 pour cet exercice apporte le résultat suivant : $[M = 0,373, SE = 1,66 ; t(111) = 0,23 ; p = 0,822]$. Ici, $p > 0,05$ donc le contraste n'est pas significatif. Ces données nous limitent dans l'analyse. Nous ne pouvons pas montrer de différence significative entre la condition pour laquelle l'élève se déplace et celle pour laquelle l'élève voit une tierce personne se déplacer.

3.2. Comparaison de nombres entiers

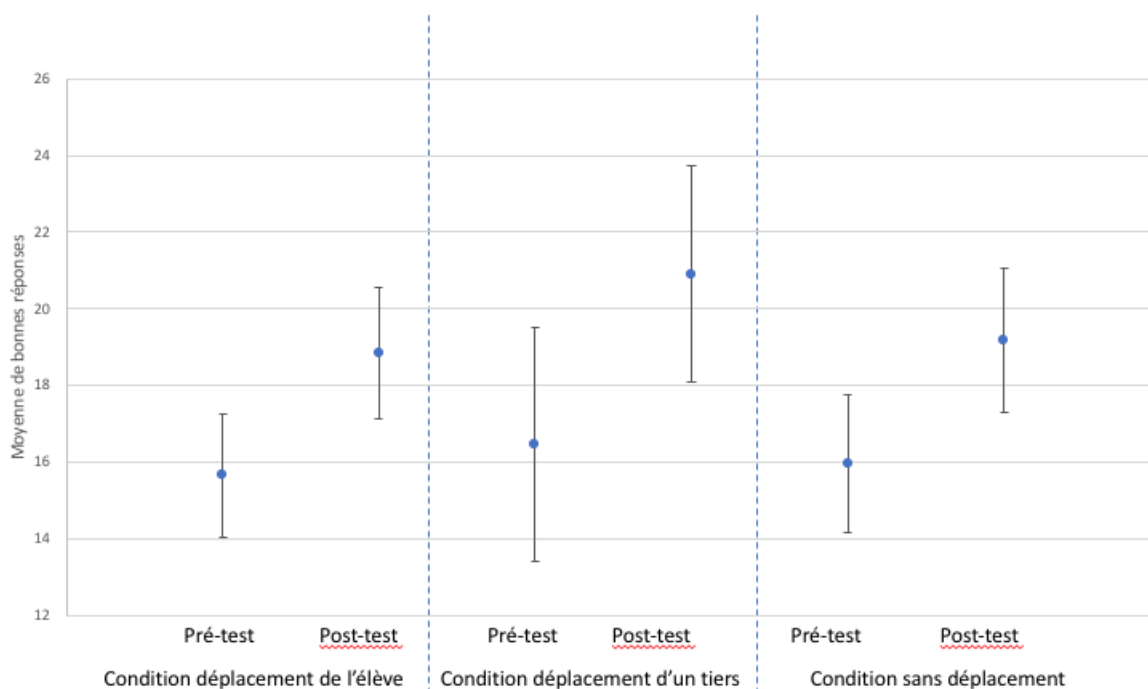


Figure 2 : Moyenne des bonnes réponses aux pré-tests et post-tests pour les trois conditions d'entraînements et le deuxième exercice s'intéressant aux compétences des élèves relative à la comparaison deux nombres symboliques : (Cond1) Déplacement de l'élève ; (Cond2) Déplacement d'une tierce personne ; (Cond3) Aucun déplacement. (Les barres représentent les erreurs standards de la moyenne)

Le graphique précédent peut être analysé de façon descriptive et amène à constater une équivalence de niveau initial des élèves dans les trois conditions. Pour cet exercice nous pouvons constater, pour la condition avec déplacement de l'élève et celle sans déplacement, que les valeurs sont plus homogènes par rapport à la condition de déplacement d'un tiers. Cette remarque est valable pour les pré-tests comme pour les post-tests.

Quelle que soit la conditions d'entraînement, le graphique met en évidence une amélioration plus ou moins forte des résultats pour ce deuxième exercice. De plus, la moyenne des nombres de bonnes réponses obtenues pour cet exercice, toutes conditions confondues, a augmenté entre le pré-test et le post-test. Le test de Student nous apporte ici les résultats suivants : $t(116) = -8,38$; $p < 0,001$. Le $p < 0,05$ prouve que les entraînements ont eu une incidence significative quel que soit les conditions sur les performances des élèves à la comparaison de nombres entiers.

L'ANCOVA indique que les performances au pré-test [$F(1, 111) = 157,84$; $p < 0,001$] impactaient le résultat aux post-tests car $p < 0,05$ pour cet exercice. Elle prouve aussi que le délai entre pré-tests et post-tests covariant [$F(1, 111) = 5,45$; $p = 0,021$], a un effet sur les

résultats aux post-tests car $p < 0,05$.

Pour le premier contraste : $[M = -1,903, SE = 0,97 ; t(111) = 1,96 ; p = 0,052]$. Ici, $p > 0,05$ donc légèrement supérieur à notre seuil de 0,05 mais tout de même proche. Il y a donc un effet tendanciel, pour cet exercice, qui nous amène à penser qu'il y a une meilleure moyenne de nombre de comparaisons correctes pour les conditions avec déplacement ou vision de ce déplacement que sans.

Les résultats pour le second contraste sont : $[M = -0,293, SE = 1,31 ; t(111) = 0,224 ; p = 0,823]$. Ici, $p > 0,05$ donc le contraste n'est à nouveau pas significatif. Les résultats ne nous laissent pas déterminer de différence entre les deux conditions de déplacement.

3.3. Problèmes arithmétiques

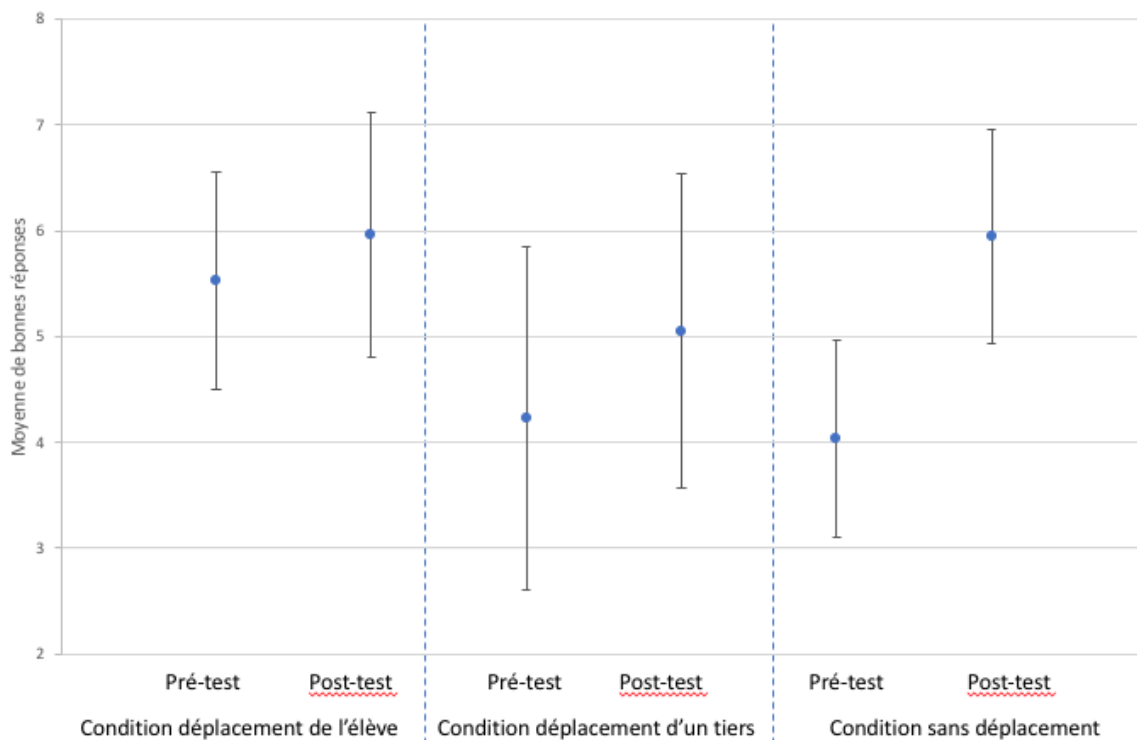


Figure 3 : Moyenne des points obtenus aux pré-tests et aux post-tests dans les trois conditions et pour l'exercice 3 qui demande aux élèves de répondre à des petits problèmes arithmétiques. (Cond1) Déplacement de l'élève ; (Cond2) Déplacement d'une tierce personne ; (Cond3) Aucun déplacement. (Les barres représentent les erreurs standards de la moyenne.)

Les données qui ont été recueillies pour les pré-tests et les post-tests peuvent être analysées de façon descriptive. Le graphique nous fournit des données de moyenne initiale des élèves selon les conditions. Ces données sont proches les unes des autres. Nous observons une amélioration des résultats pour ce troisième exercice quelle que soit la condition. Ici, en

s'appuyant sur la figure 3, on peut noter que les résultats de la condition qui n'a eu recours à aucun déplacement se sont plus améliorés que ceux des deux autres conditions pour cet exercice.

La moyenne des scores attribués pour cet exercice a augmentée indépendamment de la condition entre le pré-test et le post-test. L'analyse statistique avec un t de Student permet d'avoir les résultats suivants : $[t(116) = -4,22 ; p < 0,001]$. Le $p < 0,05$ prouve que les entraînements ont eu une incidence significative dans chacune des conditions sur les performances des élèves pour résoudre de petits problèmes arithmétiques.

L'ANCOVA confirme que le premier facteur covariant, à savoir les performances aux pré-tests $[F(111) = 116,53 ; p < 0,001]$, impactait le résultat aux post-tests car $p < 0,05$ pour cet exercice. Le délai entre pré-tests et post-tests, représenté par le second facteur covariant $[F(1, 111) = 0,08 ; p = 0,780]$, n'a quant à lui pas d'effet sur les résultats aux post-tests car $p > 0,05$. Pour cet exercice, seules les performances initiales des élèves ont eu un impact sur les données aux post-tests.

Pour le premier et le second contraste, il est obtenu respectivement : $[M = 0,977, SE = 0,62 ; t(1, 111) = 1,57 ; p = 0,119]$ et $[M = 0,05, SE = 0,837 ; t(1, 111) = 0,06 ; p = 0,952]$. Pour ces deux contrastes, $p > 0,05$: ils ne sont donc pas significatifs. Les résultats ne nous permettent pas de déterminer une différence entre les conditions.

4. Discussion

4.1. Re-contextualisation et résumé des résultats

Notre étude s'est basée sur l'analyse de l'impact des déplacements des élèves de grande section de maternelle lors d'apprentissages et plus particulièrement ceux en mathématiques. Nous avons émis plusieurs hypothèses auxquelles nous avons pu répondre grâce à l'analyse des résultats obtenus lors des pré-tests et des post-tests. La première hypothèse supposait que les entraînements avec une ligne numérique amenait à améliorer certaines compétences telles que l'estimation et la comparaison de nombres ou encore la résolution de petits problèmes arithmétiques. La deuxième suggérait que les entraînements au cours desquels l'élève se déplace venait engendrer une amélioration des compétences présentes dans les trois exercices du pré-test et du post-test. La troisième proposait que ces compétences allaient progresser avec la vision du déplacement d'une tierce personne. La quatrième présumait que l'amélioration serait supérieure dans le cas d'un déplacement de l'élève lui-même que dans le cas de la vision, par ce dernier du déplacement d'une

tierce personne. Pour la deuxième et la troisième hypothèse, nous pensons que l'amélioration des compétences allait être supérieure à celle obtenue avec la condition sans déplacement.

Pour déterminer si ces hypothèses s'avéraient correctes, nous avons réalisé plusieurs séances comprenant un pré-test, trois séances d'entraînements et un post-test.

Grâce aux résultats récupérés et aux analyses qui en ont été faites, nous sommes en mesure d'énoncer plusieurs points. Premièrement, quelles que soient les conditions, les élèves ont progressé, grâce aux entraînements, sur les trois compétences entre les pré-tests et les post-tests. Deuxièmement, les élèves qui se déplaçaient, ou ceux qui voyaient quelqu'un réaliser le déplacement, ont davantage progressé que ceux qui n'ont eu recours à aucun déplacement. Ce dernier point s'est avéré vrai seulement pour les compétences évaluées lors des deux premiers exercices après avoir contrôlé la variabilité inter-élève lors du pré-test et l'effet du délai entre les pré-tests et les post-tests, à savoir pour l'estimation de nombres et pour la comparaison de nombres. Néanmoins, pour la troisième compétence, il n'y a pas eu d'effet du déplacement corporel sur la réussite aux problèmes arithmétiques. Au vu des résultats, un entraînement sans déplacement permettrait une amélioration plus importante bien que non significative pour cette dernière compétence.

Tous ces résultats ont été obtenus dans des conditions particulières. Il est important de garder en tête qu'avec la situation sanitaire le délai entre les séances différerait significativement entre chacune des conditions. Nous avons donc pris en compte ce dernier point pour l'analyse de nos résultats.

4.2. Mise en lien avec les recherches antérieures

Les recherches présentées dans l'état de l'art ont déjà fait part des effets des déplacements corporels sur les apprentissages. Dakermann et al. (2017) soutiennent l'idée qu'il y aurait trois mécanismes potentiels mis en jeu lors des déplacements et qu'ils auraient des effets positifs sur les entraînements numériques avec le corps. Lors des déplacements, les individus arriveraient à « associer l'espace physique avec la magnitude du nombre », mais aussi à « mettre en interaction les différentes régions de l'espace personnel » et à « intégrer différents cadres de références spatiaux ». C'est pourquoi nous avons pensé que les entraînements avec déplacements permettent des apprentissages.

Plusieurs études ont déjà montré un lien entre les déplacements dans l'espace et les apprentissages en mathématiques. Par exemple, l'étude de Crollen et al. (2020), réalisée chez des enfants en âge d'être en cours préparatoire, a déjà été concluante. En effet, elle met en avant une

progression plus importante des compétences lors d'entraînements multisensoriels que lors d'entraînements classiques. Nous avons fait les choix de retenir des conditions avec déplacement du corps entier afin d'observer l'impact de celui-ci sur les apprentissages en mathématiques.

Nos entraînements étaient basés sur l'estimation de nombres sur une ligne numérique. Ce choix a été fait dans la continuité de plusieurs études présentées dans notre état de l'art. Dans leur article, Link et al. (2013) mettaient en avant une amélioration des compétences suite à un entraînement sur la ligne numérique, notamment l'estimation de la position de nombres sur celle-ci et la résolution d'additions avec des nombres à un chiffre. Ils avaient aussi évalué les enfants sur la comparaison de nombres symboliques, mais l'entraînement proposé n'avait pas permis une amélioration de cette compétence. Leur étude était menée chez des élèves d'environ 7 ans, donc des élèves qui seraient en CE1 en France. Les élèves de notre étude ont deux ans de moins. Les résultats de notre étude ont mis en avant une amélioration de la compétence de comparaison de nombres. Nous pouvons donc penser que c'est par rapport aux différences dans la mise en place de l'expérimentation par rapport à la nôtre, que Link et al. (2013) ont obtenu des résultats différents des nôtres. Il est notable, par exemple, que leur ligne numérique allait de 0 à 100 sur une ligne représentée au sol de 1,5 ou de 3 mètres. Cela représentait donc une grande amplitude sur peu de distance. De notre côté, nous avons limité cette ligne de 0 à 10 et elle mesurait 3 mètres sur le sol. Nous pouvons donc supposer qu'il est plus facile de se rendre compte de la position d'un nombre dans notre cas que dans leur étude pour laquelle la position ne peut être qu'encore plus approximative.

Nous avons choisi, en nous aidant de l'étude de Mavillidi et al. (2018), d'avoir non pas seulement deux conditions différentes mais trois en ajoutant la vision du déplacement d'une tierce personne. Il est notable dans les résultats obtenus dans l'étude précédente, que les élèves avaient davantage progressé dans la condition où ils se déplaçaient que dans la condition où ils voyaient ce déplacement. De notre côté, nous ne sommes pas en mesure d'affirmer une telle conclusion car nos résultats ne révèlent pas de différences significatives entre les deux conditions. Nous pouvons penser que cela peut être dû à l'âge des enfants présents dans les études. Dans l'étude de Mavillidi et al. (2018), les enfants étaient plus jeune que dans notre étude, ils avaient 4 ans environ soit un an de moins que dans notre cas. A cet âge-là, les enfants prennent moins conscience des actions des autres personnes.

4.3. Limites

Nous n'avons pas eu toutes nos hypothèses validées à l'issue de l'analyse des données de cette séquence. Nous avons donc cherché les causes possibles de ces résultats.

Dans un premier temps, le délai entre les derniers entraînements et les post-tests entre les différentes conditions a été différent. Cela représente un biais fort de cette étude.

Dans un second temps, nous pouvons penser que le nombre d'élèves interrogé n'était pas suffisant. Mais, nous pouvons aller au-delà de cela, en rappelant que le nombre d'enfants différent dans chaque condition pouvait impacter plus fortement les résultats de l'étude.

Dans un troisième temps, soulignons que les séances d'entraînements n'amènent pas les élèves à prendre conscience qu'ils travaillent l'estimation de nombres. Elle leur permettra pourtant de comprendre diverses idées en mathématiques, notamment, dans le cas présent, la comparaison de nombres et la résolution de problèmes arithmétiques. Pour nous, le lien est montré grâce aux études sur le sujet. Mais, les élèves peuvent être perturbés par le fait qu'on leur demande pendant trois séances de réaliser des tâches d'estimation de nombres sur une ligne numérique pour les interroger lors du post-test sur des exercices de comparaisons de nombres et des problèmes arithmétiques. Il faut qu'ils prennent conscience de ce qu'ils font lors des entraînements et du premier exercice des post-tests car c'est cette compétence d'estimation, présente dans les évaluations de cours préparatoire, qui pose problème aux élèves.

Dans un quatrième temps, les séances se déroulent avec un seul élève à chaque fois, ce qui n'est pas envisageable dans une classe même avec la présence de l'ATSEM. Nous pouvons donc penser que l'amélioration des compétences ne serait pas aussi rapide avec un groupe d'élève plus important.

Enfin, nous pouvons penser que notre étude comporte une autre limite. L'activité proposée avec les déplacements corporels ne se déroule pas dans la classe et est réalisée de manière ludique pour les élèves. Il serait intéressant de pouvoir déterminer l'impact de la motivation des ces derniers pour réaliser les entraînements sur les résultats obtenus. Cela s'avère compliqué à dissocier mais il faut tout de même l'avoir en tête.

4.4. Perspectives

Les perspectives pour cette étude sont de nombreuses natures.

Il serait intéressant de voir l'impact des entraînements avec des déplacements corporels sur d'autres disciplines comme pour l'apprentissage des langues. Il faudrait alors repenser les conditions de déplacement pour que celles-ci soient en accord avec la notion à apprendre. Cette

séquence pourrait être menée avec des élèves de cycle 2. En effet, c'est au cours de celui-ci que les premiers apprentissages en anglais débutent. La même situation que celle présentée dans notre étude pourrait par exemple être envisagée avec l'apprentissage des nombres en anglais. Cela ne nécessiterait pas beaucoup de changements par rapport à la situation présentée dans notre étude. Il faudrait tout de même ajouter les nombres en chiffre sur la ligne numérique pour aider les élèves afin qu'ils n'aient pas trop d'informations à traiter pour effectuer un bon apprentissage. Une autre situation avec des déplacements permettant probablement les apprentissages des langues consisterait à donner des instructions de direction à prendre aux élèves. Cela leur permettrait de débiter l'apprentissage en vivant le déplacement.

Il pourrait être envisagé d'autres situations d'apprentissages des mathématiques avec des déplacements corporels des élèves. Pour les élèves de cycle 2, il pourrait être envisagé des déplacements sur des lignes de la plus petite à la plus grande pour comprendre la manière de classer des longueurs dans l'ordre croissant. Cette même étude pourrait être menée avec des élèves plus jeunes pour étudier si l'impact de cette dernière serait toujours présent. Elle pourrait être envisagée avec d'autres compétences du programme de mathématiques évaluées lors des post-tests.

Notre étude montre le fort impact de l'EPS sur les apprentissages. Nous savons déjà que celui-ci était important au niveau du bien-être personnel qui induit de meilleurs apprentissages. Mais ici, cette étude nous amène à réfléchir à la mise en place de séquences interdisciplinaires, telle que l'intégration de cette ligne numérique à un parcours de motricité. Cela pourrait permettre à l'enseignant de faire passer les élèves un par un avec une position correspondant à un nombre à chercher. Pendant ce temps, les autres réaliseraient avec la surveillance de l'ATSEM le reste du parcours qu'ils maîtriseraient déjà.

Il pourrait être intéressant d'étudier à la suite d'une séance comme celle-ci un autre intervalle de nombres, tel que de 0 à 20 pour voir si cette expérimentation pourrait devenir un rituel.

4.5. Impacts et apports

L'analyse des résultats de notre étude a confirmé certaines de nos hypothèses de départ. Mais au vu des nombreuses limites et notamment celle de faire passer les élèves individuellement, nous ne pourrions pas reproduire les séances de la même façon et il faudrait les repenser.

Cette étude nous a donc permis d'avoir des idées plus claires sur notre pratique professionnelle future. L'expérimentation a été menée dans 11 classes et nous avons dû partager nos résultats avec les autres étudiants. Cela nous montre l'importance et la chance que nous

avons de pouvoir collaborer ensemble sur des projets communs. La mise en place de la séquence a représenté les premiers moments d'enseignements de notre côté et elle a donné du sens à notre stage. Elle nous a montré les difficultés qu'il faudrait savoir contrer tout autant que les réussites rapides d'autres élèves. Ces derniers pourraient s'ennuyer avec la situation et se déconcentrer. Il faut réfléchir sur ces points en amont de la séquence en effectuant une analyse *a priori*. De plus, cette séquence pourrait répondre aux besoins des professeurs de cours préparatoire qui se trouvent désemparés par la tâche d'estimation de nombres lors des résultats des évaluations nationales et potentiellement aux nôtres dans le futur. En effet, cette séquence pourrait être menée à la suite des évaluations nationales avec ceux qui en ont le plus besoin.

Conclusion générale

Cette étude nous amène à repenser notre vision de l'apprentissage. En effet, nos résultats, nous ont permis de constater que les déplacements corporels s'avèrent très souvent bénéfiques pour les apprentissages. Notre étude apporte l'idée qu'une ligne numérique avec moins de nombres répartis sur une plus grande longueur permet des apprentissages numériques plus précis. Par ailleurs, il serait intéressant, comme l'ont suggéré plusieurs études, de voir si cette expérimentation ou si les déplacements corporels pourraient aider les élèves dyscalculiques.

Bibliographie

Bara, F., & Tricot, A. (2017). Le rôle du corps dans les apprentissages symboliques : Apports des théories de la cognition incarnée et de la charge cognitive. *Recherches sur la philosophie et le langage*, 33, 219-249.

Barsalou, L. W. (2008). Grounded Cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.

Crollen, V., Noël, M.-P., Honoré, N., Degroote, V., & Collignon, O. (2020). Investigating the respective contribution of sensory modalities and spatial disposition in numerical training. *Journal of Experimental Child Psychology*, 190, 14.

Dackermann, T., Fischer, U., Nuerk, H.-C., Cress, U., & Moeller, K. (2017). Applying embodied cognition : From useful interventions and their theoretical underpinnings to practical applications. *ZDM Mathematics Education*, 49(4), 545-557.

Fischer, U., Moeller, K., Bientzle, M., Cress, U., & Nuerk, H.-C. (2011). Sensori-motor spatial training of number magnitude representation. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(1), 177-183.

Fischer, U., Moeller, K., Huber, S., Cress, U., & Nuerk, H.-C. (2015). Full-body Movement in Numerical Trainings : A Pilot Study with an Interactive Whiteboard. *International Journal of Serious Games*, 2(4), 23-35.

Gimbert, F. (2016). L'appréhension des quantités par la vision ou le toucher : Son développement et son rôle dans les apprentissages numériques chez l'enfant (Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes). Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01472814/document>

Larousse. (2021). Nombre. Repéré à <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/nombre/54801>

Link, T., Moeller, K., Huber, S., Fischer, U., & Nuerk, H.-C. (2013). Walk the number line – An embodied training of numerical concepts. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 74-84.

Mavilidi, M.-F., Okely, A., Chandler, P., Louise Domazet, S., & Paas, F. (2018). Immediate and delayed effects of integrating physical activity into preschool children's learning of numeracy skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, *166*, 502-519.

Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. (2020). Bulletin officiel n°31 du 30 juillet 2020 - Programme du cycle 1. Repéré à <https://www.education.gouv.fr/media/70270>

Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. (2020). Note d'information n°20.46. Repéré à <https://www.education.gouv.fr/timss-2019-evaluation-internationale-des-eleves-de-cm1-en-mathematiques-et-en-sciences-les-resultats-307818>

Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. (2020). Note d'information n°20-47. Repéré à <https://www.education.gouv.fr/timss-2019-mathematiques-au-niveau-de-la-classe-de-quatrieme-des-resultats-inquietants-en-france-307819>

Siegler, R. S., & Ramani, G. B. (2009). Playing linear number board games—But not circular ones—Improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology*, *101*(3), 545-560.

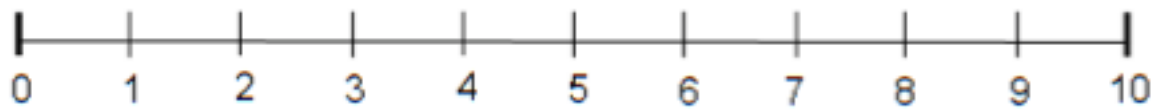
Winter, B., Matlock, T., Shaki, S., & Fischer, M. H. (2015). Mental number space in three dimensions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *57*, 209-219.

Annexes

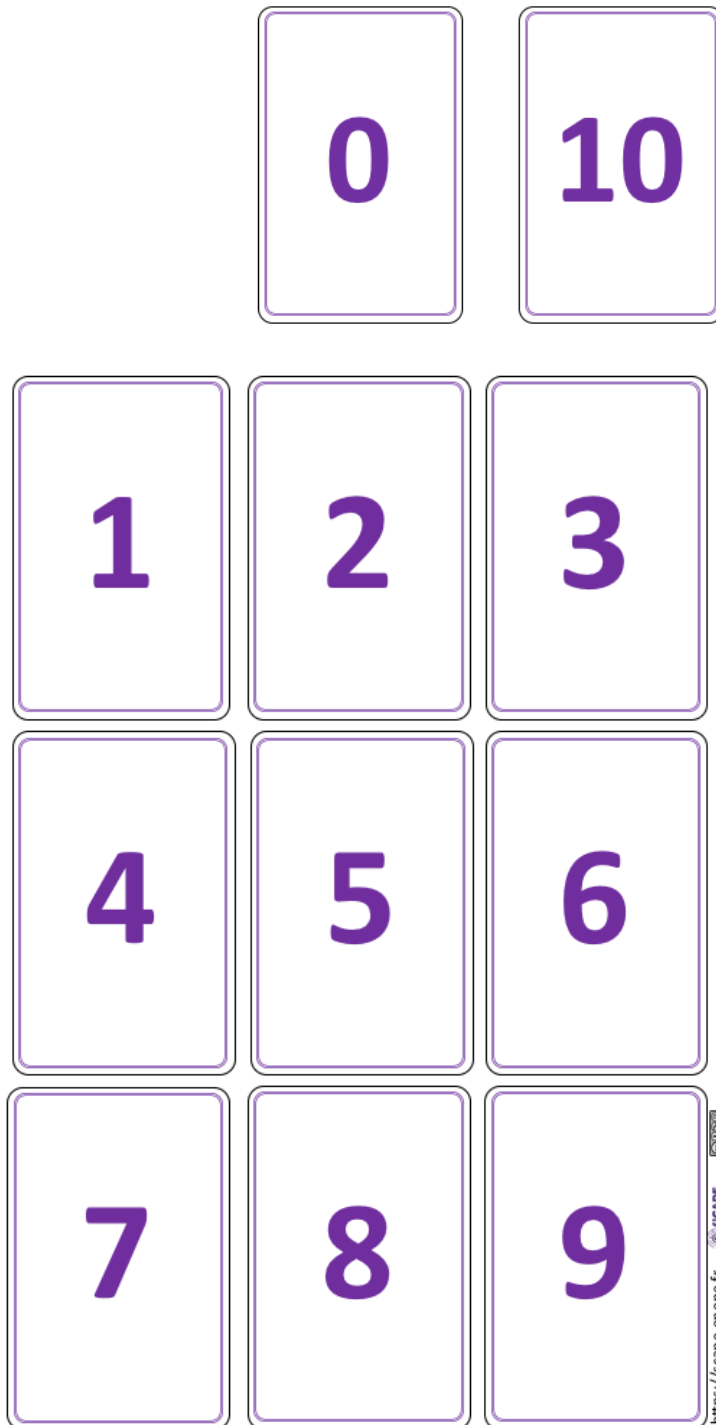
Annexe 1 : Photographie de la ligne numérique



Annexe 2 : Ligne numérique miniaturisée



Annexe 3 : Cartes de réponses



Année universitaire 2021-2022

Master Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation
Mention Premier degré

Titre du mémoire : Les déplacements corporels sur une ligne numérique permettent-ils de meilleurs apprentissages numériques en grande section de maternelle ?

Auteur : Angéline CHAUTARD

Résumé :

Plusieurs articles de recherches ont déjà montré les effets des mouvements corporels des élèves sur les apprentissages numériques. C'est selon ces derniers que notre étude a été pensée et construite. L'objectif de cette expérimentation a été de chercher à savoir si les déplacements corporels sont bénéfiques pour les apprentissages et si le déplacement de l'individu lui-même est davantage important que la vision du déplacement d'une autre personne. L'étude a été réalisée dans 11 classes de grande section de maternelle. Chacune des classes réalisait une des trois formes d'entraînements. Un groupe effectuait des déplacements corporels, un second observait le déplacement d'autrui et le dernier n'effectuait aucun déplacement (groupe contrôle). La séquences était découpée en cinq moments : un pré-test, trois entraînements, et un post-test. Les principaux résultats qui ressortent de cette étude sont que les entraînements avec déplacements, qu'il soit de l'élève lui-même ou d'autrui, ont eu un impact sur les apprentissages pour les compétences d'estimation et de comparaison de nombres. Néanmoins, aucune différence significative n'a été observée entre ces deux groupes pour les apprentissages.

Mots clés : Mathématiques – Grande section – Estimation – Ligne numérique – Déplacements corporels

Abstract :

Several research articles have already shown effects of children's body movements on mathematics learning. Our study was thought and built according to these articles. Our objective was to find out if body movements are beneficial for learning and if the movement of the child himself are more important than the vision of the movement of another person. The study was carried out in 11 nursery classes. Each class performed one of the three forms of training. One group performed body movements, a second group observed the movement of another person and the last group did not perform any movements (control group). The sequence was divided into five moments: a pre-test, three trainings, and a post-test. The main results that emerged from this study were that the training with movements, whether of the student's or someone else's body, had an influence on learning of both numbers estimations and numbers comparisons skills. Nevertheless, no significant difference was observed between these two groups for learning.

Keywords: Mathematics – Nursery classes – Estimation – Number Line – Body Movement