Le rôle des déplacements corporels dans les apprentissages en mathématiques en grande section de maternelle

Chloé Gerin

▶ **To cite this version:**

Chloé Gerin. Le rôle des déplacements corporels dans les apprentissages en mathématiques en grande section de maternelle. Education. 2022. dumas-03798306

HAL Id: dumas-03798306

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03798306

Submitted on 5 Oct 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.

Institut national supérieur du professorat et de l'éducation
Académie de Grenoble

Année universitaire 2021-2022

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

Mention ***Premier degré***

Le rôle des déplacements corporels dans les apprentissages en mathématiques en grande section de maternelle

Présenté par Chloé GERIN

Première partie rédigée en collaboration avec Angélina CHAUTARD

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

SOMMAIRE

Introduction **1**

1. Cadre théorique **2**

1.1. Le nombre 2

1.1.1. Définition générale 2

1.1.2. Les liens entre représentation des quantités et représentations spatiales 3

1.1.3. La ligne numérique et la représentation mentale 3

1.2. Les nombres chez les jeunes enfants 4

1.2.1. Les programmes de maternelle 5

1.2.2. L'importance des apprentissages numériques chez les enfants 5

1.3. L'engagement du corps dans les apprentissages 6

1.3.1. Les effets potentiels d'interférence des gestes sur les apprentissages 6

1.3.2. Cognition incarnée et environnement 7

1.3.3. Les effets bénéfiques des gestes 8

1.4. Le lien entre les apprentissages numériques et les déplacements corporels 9

1.4.1. Rôle des mains pour les apprentissages numériques 9

1.4.2. Les effets des mouvements corporels de l'élève sur les apprentissages numériques 10

1.4.3. Les effets de l'observation des mouvements corporels d'un tiers sur les apprentissages numériques 12

1.5. Problématique 13

2. Méthode **14**

2.1. Participants 14

2.2. Matériel 14

2.2.1. Introduction de la séquence 14

2.2.2. Pré-tests et post-tests 16

2.2.2.1. Association d'une position à un nombre entier *16*

2.2.2.2. Comparaison de nombres entiers *17*

2.2.2.3. Problèmes arithmétiques *17*

2.2.3. Entrainements 18

2.2.3.1. Les différentes conditions *18*

2.2.3.2. Les différentes formulations des réponses *19*

2.2.4. Traitement des données 20

2.2.4.1. Statistiques descriptives *20*

2.2.4.2. Statistiques inférentielles *21*

2.3. Procédure 22

3. Résultats 23
3.1. Association d'une position à un nombre entier 23
3.1.1. Statistiques descriptives 23
3.1.2. Statistiques inférentielles 24
3.1.2.1. Effets des covariants 24
3.1.2.2. Effets des contrastes 25
3.2. Comparaison de nombres entiers 25
3.2.1. Statistiques descriptives 26
3.2.2. Statistiques inférentielles 27
3.2.2.1. Effets des covariants 27
3.2.2.2. Effets des contrastes 27
3.3. Problèmes arithmétiques 28
3.3.1. Statistiques descriptives 28
3.3.2. Statistiques inférentielles 29
3.3.2.1. Effets des covariants 29
3.3.2.2. Effets des contrastes 29
4. Discussion 30
4.1. Recontextualisation 30
4.2. Mise en lien avec les recherches antérieures 30
4.2.1. Les effets du corps sur les apprentissages mathématiques 30
4.2.2. Les effets de l'observation d'un tiers sur les apprentissages mathématiques 31
4.2.3. La comparaison des effets entre le déplacement de l'élève ou l'observation d'un tiers 31
4.3. Limites 31
4.4. Perspectives 33
4.5. Impacts 34
Bibliographie 35

Introduction

Les résultats de l'enquête TIMSS (Trends in Mathematics and Science Study) réalisée en mathématiques en 2019 avec des élèves de CM1 et de 4ème sont inquiétants. En effet, la France obtient des résultats inférieurs à tous les pays de l'union européenne et de l'OCDE participant à l'étude excepté la Nouvelle-Zélande et la Roumanie. La France a un score moyen de 483 points alors que la moyenne internationale des pays de l'union européenne et de l'OCDE est de 511 points. Or, d'après Link, Moeller, Huber, Fischer et Nuerk (2013), des compétences qui ne sont pas assez maitrisées 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 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. En effet, durant le cycle 1, les élèves doivent construire des compétences et des connaissances en lien avec les nombres qui leur seront utiles pour les apprentissages dans la suite de leur scolarité. L'étude que nous avons choisie de mener consiste à voir le rôle des déplacements corporels sur les apprentissages en mathématiques et plus précisément sur certaines connaissances sur les nombres. Cette recherche est donc en lien avec les compétences du programme de maternelle. La réaliser 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 ont permis une évolution significative des résultats en arithmétique. La recherche se terminera par une partie de discussion. Nous ferons un lien entre nos résultats et nos recherches antérieures. Nous exposerons les limites possibles, les perspectives et les impacts 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 ». Cela permet d'étudier le code verbal des nombres. Ensuite, dans le système visuel arabe, le nombre est donné par une écriture chiffrée arabe. Cela permet d'étudier le code arabe des nombres. 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 ».

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 et 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 diverse 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 utilisent plus rapidement un bouton situé à gauche lorsque des petits nombres sont évoqués et un bouton situé à droite lorsque des grands nombres sont donnés. Cette observation met en évidence que la gauche est plutôt associée à des petits nombres et la droite à des grands nombres. Il s'agit de 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. 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 lors de jeux. 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. 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, elles 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 contribuent à la correspondance des nombres sur la ligne numérique mentale. Le jeu linéaire de Siegler et Ramani a également mis en avant une amélioration de la précision des enfants lors de l'estimation de la position d'un nombre sur la ligne numérique. Ce jeu consiste à déplacer un pion sur un plateau de jeu dont les cases sont reparties de manière linéaire. Lorsque l'enfant déplace son pion, il doit dire le numéro de la case sur laquelle il est et non le nombre obtenu sur le dé. Il a aussi été observé qu'avec un tel jeu, les capacités de « mapping » sont améliorées. Cette amélioration pourrait être due à un encodage multiple. 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 sont par exemple très rapidement capables de reconnaitre une petite quantité sans pour autant savoir compter. Il s'agit du subitizing. 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

premiers apprentissages autour du nombre, qui seront nécessaires pour la suite de la scolarité, débutent.

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 ». Les nombres en jeu pour cet apprentissage vont jusqu'à 10. Ce savoir 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 maitriser 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 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 maitrise des mathématiques.

Au niveau individuel, comme énoncé dans l'introduction, 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 maitrise 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 professionnel.

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. De plus, Mavilidi et al. (2018), ajoutent qu'en diminuant l'anxiété qu'ils peuvent manifester face à cette discipline, le risque d'être en situation d'échec s'en trouvera amoindri (Maloney & Beilock, 2012 ; Mavilidi, Hoogerheide, & Paas, 2014, cités dans Mavilidi et al., 2018).

1.3. L'engagement du corps dans les apprentissages

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

Il peut être intéressant de se demander si les gestes peuvent avoir des effets négatifs sur les apprentissages. En effet, la mémoire de travail, ne peut pas traiter un grand nombre d'informations en même temps. Pourtant, réaliser une tâche cognitive peut demander 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. En conséquence, 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 et qui ont acquis des compétences, l'usage des gestes dans l'apprentissage peut avoir un impact négatif. A l'inverse, pour les personnes pour lesquelles celles-ci 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 maitrisent déjà la notion, leur greffer des gestes en plus de l'apprentissage ne sera d'aucune valeur ajoutée. Par ailleurs, la marche est une action motrice particulière. Il peut donc être légitime de s'interroger sur la charge cognitive potentiellement différente de celles des autres gestes qu'elle va engendrer.

Ainsi il semble que les choses ne soient pas si simples. Les bénéfices ne sont pas exclus. Cela dépendrait notamment de la phrase d'apprentissage de l'apprenant et des connaissances abordées.

1.3.2. Cognition incarnée et environnement

Les apprentissages acquis par les individus sont stockés dans leur cerveau. 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 façon dont les connaissances se forment et sont représentées fait l'objet de paradigmes théoriques différents 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 fonctionne comme 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 reliés à des modalités sensorielles. Il s'agit de la cognition incarnée. Pour ses défenseurs, les connaissances sont donc liées aux interactions sensorimotrices. Ainsi, 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, cité 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 la cognition incarnée peut se construire par des interactions sensorimotrices et qu'elle résulte d'une relation entre l'environnement et le corps. De plus, les apprentissages seraient favorisés lors d'une interaction entre le corps et l'environnement (Chandler & Tricot, 2015 ; Kiefer & Trumpp, 2012 ; Pecher & Zwaan, 2005 ; Pouw, van Gog, & Paas, 2014 ; Pulvermüller, 2005, cités dans Bara & Tricot, 2017). 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. Ce constat a été fait pour des élèves âgés de 4 à 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

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, les interactions sensorimotrices et les représentations sont liées. 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. Par ailleurs, 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.

Finalement, 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 et 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.

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

1.4.1. Rôle des mains pour les apprentissages numériques

La représentation et la compréhension des nombres peuvent être analysées par le biais de la cognition incarnée. Il s'agit de la numératie incarnée. 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 peut compter en utilisant ses doigts par exemple. D'ailleurs, les enseignants peuvent utiliser leurs doigts pour aider les élèves. L'apprenant 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 des mains au moment des apprentissages sont observables longtemps après l'assimilation.

1.4.2. Les effets des mouvements corporels de l'élève sur les apprentissages numériques

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.

Un apprentissage possible avec les nombres est la résolution d'opérations, notamment les additions et les soustractions. 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, Noël, Honoré, Degroote et Collignon (2020 ; Knops, Viarouge, & Dehaene, 2009 ; Masson & Pesenti, 2014 ; McCrink et al., 2007 ; McCrink & Wynn, 2004, 2009 ; Pinhas & Fischer, 2008, cités dans Crollen 2020). 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 entrainement multisensoriel est plus efficace qu'un entrainement visuel seul. Il est en particulier plus efficace pour les tâches en arithmétique.

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, Loyens et Paas (2015, cités dans Mavilidi et al., 2018) 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 tailles variables sur une règle posée au sol. (Ruiter et al., 2015, cités dans Mavilidi et al., 2018).

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. Pour cette étude, les enfants devaient estimer la position sur la ligne numérique d'un nombre donné compris entre 0 et 100. Un premier groupe suivait un entrainement incarné le long d'une ligne numérique posée sur le sol. Les enfants se déplaçaient le long de la ligne numérique et s'arrêtaient lorsqu'ils pensaient être à l'emplacement correspondant au nombre donné. Un appareil enregistrait leur réponse. Le second groupe n'avait pas recours à l'usage du corps. Il devait indiquer la position estimée du nombre sur une ligne numérique représentée sur une tablette à l'aide d'une souris. La ligne numérique était plus petite que celle représentée au sol. Les enfants des deux conditions partaient d'un point précis pour ensuite se rendre à la ligne numérique ou à la tablette. Deux écrans étaient placés dans la pièce. Pour la première condition, un écran se trouvait au niveau du 0 et l'autre au niveau du 100. Pour la deuxième condition, deux tables sur lesquelles se trouvait une tablette étaient au niveau de chaque écran. L'écran avec le fond vert indiquait le côté de la ligne où les élèves devaient se rendre afin de réaliser l'exercice. Ils partaient donc soit de 0 soit de 100. Pour les deux conditions, la bonne réponse était donnée à l'issue de l'estimation. Les élèves participant à l'entrainement incarné devaient refaire le parcours, c'est-à-dire partir du point de départ et s'arrêter au bon endroit sur la ligne numérique. A l'issue de cette expérimentation, ils ont pu observer que l'estimation des nombres sur une ligne numérique était meilleure suite à l'intervention de mouvements corporels. Par ailleurs, une amélioration de la maitrise des additions a été observée.

Ainsi, 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. 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). En effet, lors de ces apprentissages, il y a l'usage de l'environnement et du corps.

1.4.3. Les effets de l'observation des mouvements corporels d'un tiers sur les apprentissages numériques

Des études se sont également concentrées sur l'apport de mouvements d'une tierce personne dans les apprentissages mathématiques. Dans certains domaines, des apprentissages par l'observation des pairs 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. Elle peut, ensuite, 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. En effet, Mavilidi et al. (2018) ont réalisé une étude incluant plusieurs conditions d'entrainement : soit les enfants utilisaient leur corps et réalisaient les tâches demandées en faisant des activités physiques, soit ils observaient leurs pairs le faire, soit ils réalisaient les tâches puis faisaient de l'activité physique après, soit ils ne pratiquaient aucune activité physique. Un des objectifs de cette recherche était notamment de constater les effets de l'observation de pairs. Pour cela, des cubes en mousse numérotés de 1 à 20 étaient disposés au sol. Les élèves devaient compter de 1 à 20 puis à rebours et enfin montrer les cubes portant le nombre donné par l'instructeur. Cette expérience n'a mis en avant aucun bénéfice pour les élèves observateurs au niveau de leurs apprentissages. Malgré ces résultats, Mavilidi et ses collègues (2018) expliquent qu'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. Il n'y a donc pas forcément d'effet positif (Mavilidi et al., 2018 ; Ruiter et al., 2015, cités dans Mavilidi et al. 2018).

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, tandis que d'autres nuancent les effets de ceux-ci. 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 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. Il s'agit de compétences importantes pour les grandes sections pouvant être travaillées avec les élèves.

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 des hypothèses. Premièrement, nous pensons que les entrainements avec déplacements vont permettre une amélioration de l'estimation d'un nombre entier 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 contrairement à une absence de déplacement. Ensuite, au regard des articles qui postulent que l'observation d'un déplacement peut être bénéfique pour ces compétences et des résultats discordants qui ont récemment été mis en évidence, nous souhaitons vérifier si l'observation d'un tiers permet ou non de constater des effets similaires à ceux induits par le déplacement propre. Si des effets sont mis en évidence, nous nous attendons 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'entrainement sur la ligne numérique avec trois conditions d'entrainement

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. 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 les résultats de leurs enfants de manière anonyme dans cette expérimentation. Les enfants dont les parents ont refusé la participation à l'étude ont tout de même participé aux séances proposées sans prise en compte des réponses. En effet, les exercices proposés étaient en accord avec les programmes scolaires et le consentement portait uniquement sur l'utilisation des données. 58 filles et 59 garçons ont participé à l'étude. L'âge moyen de ces élèves est de 5 ans et 7 mois environ au moment du pré-test. 47 élèves ont travaillé avec la première condition (déplacement corporel). 22 élèves ont travaillé avec la deuxième condition (observation du déplacement d'un tiers). 48 élèves ont travaillé avec la dernière condition (sans déplacement).

2.2. Matériel

2.2.1. 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 boite à chaussures et des jetons. Nous avions tout d'abord placé trois jetons dans la boite avant de la leur montrer. Ensuite, nous avons enlevé les jetons puis de nouveau montré la boite 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 boite 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 boite 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 boite puis nous les avons enlevés. Ils ont ensuite dû nous dire combien de jetons étaient dans la boite, la réponse attendue étant zéro. Afin de valider la réponse, nous avons montré la boite ouverte.

Enfin, il y a eu la présentation de l’activité qui allait être mise en place lors des séances d’entrainement. Au préalable, une ligne numérique avait été placée au sol face aux enfants. Elle était identique à celle des entrainements. Sur cette ligne, nous avions 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’ils repèrent 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.

2.2.2. 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 entrainements réalisés entre ces deux sessions. Ils étaient composés de trois exercices sur trois notions différentes (association d'une position à un nombre entier, 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.

2.2.2.1. Association d'une position à un nombre entier

Dans ce premier exercice qui est présenté en Annexe 1, nous avons travaillé la capacité des élèves à associer une position à un nombre entier. 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 entrainement et neuf autres nombres à retrouver sur une ligne numérique étaient présents pour cet exercice. Cette ligne numérique avait le même format pour chacun des nombres à retrouver. Elle se présentait sous la forme d'un segment de 25 centimètres sur une moitié de feuille A4 prise en format paysage. Un point placé sur ce segment indiquait l'emplacement du nombre à déterminer. 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. Les enfants donnaient une réponse orale, ils devaient dire le mot-nombre correspondant au nombre correspondant à la position indiquée sur la ligne numérique qui leur était présentée. 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 Absolue (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. Lorsque la réponse donnée était hors bornes c'est-à-dire inférieure à 0 ou supérieure à 10, le PEA attribué était de 100%. Le meilleur score pouvant être obtenu était de zéro. Pour le traitement des résultats, l'entrainement n'était pas pris en compte.

2.2.2.2. Comparaison de nombres entiers

Cet exercice présenté en Annexe 2 a traité la compétence « comparaison de nombres entiers » et se composait de trois entrainements suivis de trente-six items constituant ainsi trente-neuf questions. Un classeur de trente-neuf pages était présenté à l'élève. Sur une page, de format A5 prise dans l'orientation paysage deux nombres étaient écrits. Il s'agissait des deux nombres à comparer. Les pages étaient présentées les unes après les autres à l'élève. L'élève devait montrer avec son doigt lequel des deux nombres était le plus grand. L'exercice commençait par la réalisation des trois entrainements. Ensuite, l'enfant devait faire le même travail pendant une minute avec d'autres nombres. L'enfant savait qu'un chronomètre était mis en route et qu'au signal il devrait s'arrêter. Le score total correspondait au nombre total de comparaisons réussies en une minute. Un point était attribué pour les réponses correctes et zéro pour celles incorrectes. Le score maximum pouvant être obtenu en une minute était de trente-six points. En effet, les trois entrainements n'ont pas été pris en compte pour les résultats.

2.2.2.3. Problèmes arithmétiques

Cet exercice présenté en Annexe 3 abordait la résolution de six problèmes arithmétiques et deux entrainements, additifs et soustractifs, amenés par de courtes histoires mettant en avant des situations concrètes de la vie quotidienne. Voici un exemple de problème additif énoncé : « Léo avait 3 billes. Il en gagne 2. Combien de billes a-t-il en tout ? ». « Emma avait 5 pommes. Elle en mange 2. Combien lui en reste-t-il ? ». Ce second problème est un problème soustractif proposé aux élèves. L'élève ne disposait d'aucun matériel et devait seulement écouter les énoncés pour répondre. Les nombres utilisés étaient compris entre 0 et 10. 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. La réponse attendue était un mot-nombre. 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 (les deux entrainements n'ont pas été pris en compte pour les résultats).

2.2.3. Entrainements

Les entrainements se sont déroulés sur trois semaines, avec une séance hebdomadaire.

Pour les trois séances d'entrainement, une ligne numérique a été représentée au sol avec du scotch. Elle faisait trois mètres de long et quatre centimètres de large. 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 entrainement l'élève était positionné à équidistance de 0 et de 10. Il était placé sur la médiatrice de la ligne à trois mètres de la position du nombre 5. La position de départ, c'est-à-dire l'emplacement où était placé l'enfant, était repérée par une croix. L'espace de travail ne devait avoir aucun repère que les enfants auraient pu utiliser pour se rappeler de la position d'un nombre ou pour trouver la réponse.

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

Chaque séance des trois conditions d'entrainement comportait neuf essais. Lors de chacun d'eux, un nombre compris entre 0 et 10 était à retrouver sur la ligne numérique. Ces nombres étaient présentés dans le même ordre pour tous les élèves quelle que soit la condition expérimentale. 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. Le premier essai, pour les trois séances d'entrainement, était le nombre 1. Pour chaque essai, l'élève se plaçait sur la position de départ, il fermait les yeux et se retournait pendant que l'encadrant mettait 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 condition expérimentale. Il présentait son résultat en respectant la modalité de réponse attendue pour la séance. Lors de chaque entrainement, un élève passait seul pendant environ 15 minutes.

2.2.3.1. Les différentes conditions

Notre étude cherchait à vérifier si un déplacement corporel pouvait aider l'élève dans les apprentissages numériques. Nous avons donc mené une expérience avec trois conditions

expérimentales distinctes. La première condition cherchait à vérifier l'impact du déplacement corporel de l'élève sur les apprentissages, la deuxième à voir l'impact de l'observation d'un tiers et 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 normalement 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 le long de la ligne numérique en marchant normalement. 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'entrainement.

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'entrainement. Elle va être détaillée dans la partie suivante.

2.2.3.2. Les différentes formulations des réponses

Lors de la première séance, les élèves disposaient d'une ligne numérique miniaturisée graduée régulièrement avec l'ensemble des nombres allant de 0 à 10 qui étaient écrits en chiffres arabes en dessous de la ligne. Cette ligne qui faisait 25 centimètres était tracée sur une feuille blanche qui était donnée à l'élève. Pour donner sa réponse, l'enfant indiquait la position du nombre sur la ligne numérique miniaturisée et disait le mot-nombre. L'encadrant renvoyait un feedback en montrant une carte sur laquelle était écrit le nombre attendu. 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. Sur chacune d'elle était écrit un nombre différent compris entre 0 et 10. Elles étaient rangées dans l'ordre croissant. L'enfant montrait la 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.

2.2.4. Traitement des données

Au cours de notre étude, trois variables dépendantes ont été considérées. La première est le PEA moyen obtenu grâce à l'association d'une position à un nombre entier exprimé en pourcentage. La deuxième correspond au nombre de bonnes réponses qui a été déterminé par la comparaison de deux nombres entiers. Ce résultat est exprimé par un nombre de points. Enfin, la troisième variable dépendante est le score obtenu par la résolution des problèmes arithmétiques. Le résultat est exprimé avec un nombre de points. Notre expérience a une variable indépendante « condition d'entrainement » comportant trois modalités correspondant aux trois conditions d'entrainement. La première implique le déplacement de l'élève lui-même. La deuxième correspond à l'observation du déplacement d'un tiers par l'élève. Enfin, la dernière ne met en jeu aucun déplacement quel qu'il soit.

2.2.4.1. Statistiques descriptives

Pour chaque variable dépendante et pour chaque condition, les valeurs obtenues ont été analysées. Si une valeur était supérieure ou inférieure à trois fois l'écart-type de la moyenne, cette valeur était remplacée par la moyenne de l'échantillon pour la variable dépendante et la condition considérée. Ces valeurs remplacées sont des outliers.

Une analyse descriptive des résultats a tout d'abord été effectuée. La moyenne et l'intervalle de confiance à 95% (noté IC) ont été calculés pour chacune des trois variables dépendantes dans nos trois conditions d'entrainement pour les pré-tests puis pour les post-tests. La moyenne se calcule en additionnant l'ensemble des valeurs puis en divisant cette somme par

l'effectif total. Pour calculer l'intervalle de confiance à 95%, il faut multiplier l'erreur standard par 1,96. L'erreur standard s'obtient en calculant le quotient de l'écart type par la racine carrée de l'effectif de l'échantillon en question. L'écart-type correspond à l'étalement des valeurs de l'échantillon autour de la moyenne de cet échantillon. Afin que la lecture de ces données soit plus claire, elles ont été représentées graphiquement.

2.2.4.2. Statistiques inférentielles

Afin d'essayer de valider ou non les hypothèses que nous avons proposées, nous avons fait des statistiques inférentielles. Nous avons choisi de faire une analyse de covariance : ANCOVA. Celle-ci porte sur les résultats obtenus aux post-tests en fonction de la condition d'entrainement en prenant en compte deux covariants. Le premier est le délai entre les pré-tests et les post-tests et le second les résultats des pré-tests. Cette analyse permet de déterminer si la variation des résultats aux post-tests peut s'expliquer par le délai entre les deux sessions de tests ou par la différence des résultats obtenus aux pré-tests. Une analyse en covariance a été choisie car tous les participants n'ont pas eu le même délai entre les pré-tests et les post-tests en raison de la crise sanitaire qui a eu pour conséquences la fermeture des écoles. Cela peut donc avoir une influence sur les performances. De plus, des différences ont été observées sur les résultats obtenus aux pré-tests sans réelles explications. Il a donc été jugé intéressant de tenir compte de ces différences pour pouvoir ensuite mieux analyser les résultats obtenus aux post-tests.

Afin de savoir si un des deux paramètres a un impact, il faut regarder la valeur de p qui est la probabilité de conclure si l'effet observé est significatif ou pas. Si celle-ci est supérieure à 0,05 cela signifie que le paramètre concerné a une influence non significative sur la variable dépendante. Sinon, cela signifie que le paramètre a une influence significative sur la variable dépendante c'est-à-dire qu'elle varie significativement en fonction de ce paramètre. Dans ce dernier cas, la variable dépendante est davantage ajustée pour tenir compte de la covariance et obtenir un résultat indépendant du paramètre concerné.

Ensuite, il y a une analyse en contrastes à priori également appelée comparaisons planifiées. Le but de cette analyse est de valider ou d'invalider nos hypothèses et dépend donc de ces dernières qui ont été préalablement établies. Chaque variable dépendante a été testée grâce à deux comparaisons planifiées. Ces deux comparaisons sont orthogonales, c'est-à-dire qu'elles sont indépendantes l'une de l'autre. Le premier contraste a été établi selon l'hypothèse qui envisage que quel que soit le type de déplacement, les compétences travaillées seront améliorées par rapport à l'absence de déplacement : C1 : $m_1 + m_2 - 2m_3 = 0$. Il permet donc de

comparer les moyennes des résultats aux post-tests dans les conditions d'entrainement avec déplacements de l'élève lui-même ou d'un tiers à celle de l'absence de déplacement. Le deuxième contraste provient de la deuxième hypothèse qui prétend à une amélioration des compétences lorsque le déplacement est effectué par l'élève lui-même plutôt que par l'observation du déplacement d'un tiers : C2 : $– m_1 + m_2 = 0$. Il compare donc la moyenne des résultats aux post-tests des élèves qui ont effectué le déplacement à celle de ceux qui ont seulement observé le déplacement d'un tiers. Afin de vérifier si les deux comparaisons sont orthogonales, il faut que la somme des produits des coefficients soit nulle, ce qui est bien le cas ici. Enfin, les deux comparaisons sont testées statistiquement à l'aide d'un t de student.

2.3. Procédure

L'étude s'est déroulée en quatre temps.

Tout d'abord, il y a eu une séance d'introduction durant laquelle le concept du nombre « 0 » et la ligne numérique ont été présentés aux élèves.

Ensuite, les pré-tests ont été réalisés afin d'évaluer le niveau de départ des élèves pour chaque compétence travaillée et d'en garder une trace. Cette étape a été individuelle et a duré environ 15 minutes par élève.

Ont suivi les trois entrainements lors de trois séances d'environ 15 minutes dont le déroulement a été décrit ci-dessus. Au cours de celles-ci, les élèves sont passés individuellement. Le premier entrainement a eu lieu la semaine suivant les pré-tests. Les élèves ont réalisé un entrainement par semaine, ainsi, les séances d'entrainements se sont déroulées sur trois semaines. Il y a donc eu une séance par semaine.

L'étude s'est terminée avec les post-tests qui ont eu lieu soit la semaine suivante, soit trois semaines après le dernier entrainement. Ils étaient initialement prévus la semaine suivant le dernier entrainement. Cependant, certains n'ayant pas terminé les séances d'entrainement, ils ont dû attendre plus longtemps avant de les faire passer en raison de la fermeture des écoles suite à la crise sanitaire. Chaque élève est passé individuellement pendant environ 15 minutes. Le but de ces post-tests était d'observer l'effet des entrainements sur l'acquisition des différentes compétences.

3. Résultats

3.1. Association d'une position à un nombre entier

La première variable dépendante correspond au PEA moyen. Les résultats sont exprimés en pourcentage.

A noter que pour cette variable dépendante, il y a eu 4 outliers au pré-test et 5 outliers au post-test. De plus, un élève n'a jamais répondu pour le pré-test. L'effectif de l'échantillon considéré pour le pré-test est donc de 116 élèves.

3.1.1. Statistiques descriptives

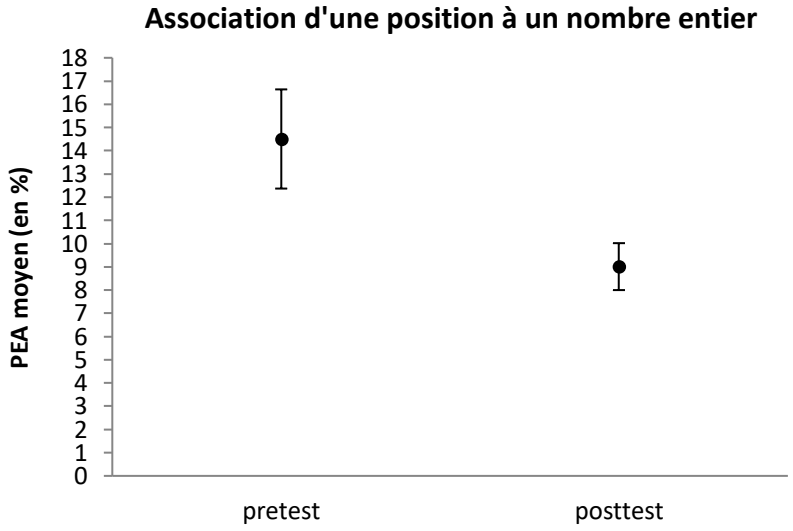


Figure 1 : Moyennes et intervalles de confiance sans tenir compte de la condition expérimentale pour le PEA moyen

Le PEA moyen a diminué entre le pré-test (14,51%) et le post-test (9,01%) quelle que soit la condition de 5,5%. Les élèves ont donc amélioré la précision de leur résultat entre le début et la fin de l'expérimentation.

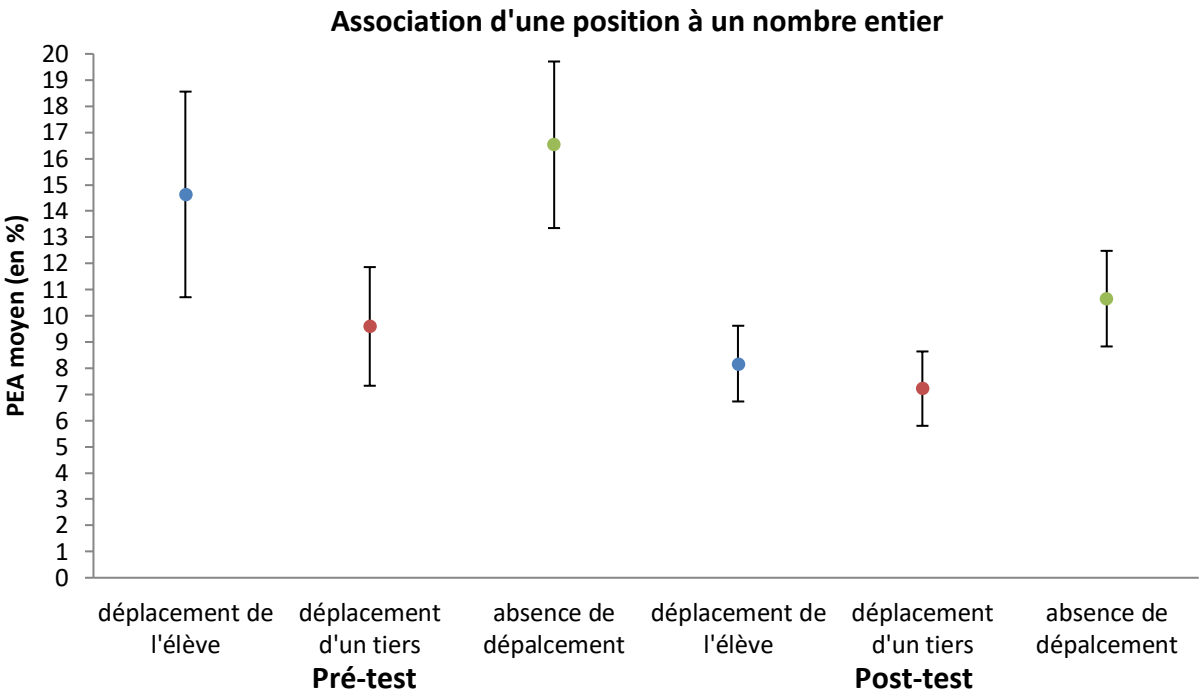


Figure 2 : Moyennes et intervalles de confiance pour le PEA moyen en fonction de la condition expérimentale

Dans la condition expérimentale où l'élève se déplaçait, le PEA moyen a été diminué de 6,46%. Lorsque l'élève observait le déplacement d'un tiers, le PEA moyen a diminué de 2,37%. Enfin, pour les élèves ayant eu des entrainements sans déplacement, il y a eu une diminution de 5,88%.

3.1.2. Statistiques inférentielles

3.1.2.1. Effets des covariants

L'ANCOVA a mis en évidence que le facteur PEA moyen au pré-test covariait significativement avec le PEA moyen au post-test [$F(1,111) = 11.69$; $p < 0.001$ donc $p < 0.05$]. Le délai entre le pré-test et le post-test n'a pas impacté significativement le PEA moyen au post-test [$F(1,111) = 0.319$; $p = 0.57$ donc $p > 0.05$].

3.1.2.2. Effets des contrastes

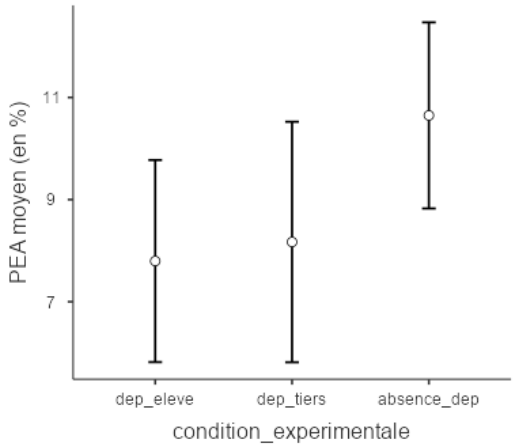


Figure 3 : Moyennes et intervalles de confiance pour le PEA moyen en fonction des covariants et de la condition expérimentale au post-test

Les résultats ainsi que la figure 3 montrent que le PEA moyen obtenu en post-test, qui a été ajusté selon les covariants, était supérieur pour les élèves qui s'étaient entrainés avec l'absence totale de déplacement par rapport à ceux qui s'étaient entrainés avec leur propre déplacement ou l'observation du déplacement d'un tiers. Cette amélioration était plus importante dans la condition sans déplacement comme le montre le contraste C1 significatif [M = 2.665 ; SE = 1.26 ; t(111) = 2.12 ; p = 0.0364 donc $p < 0.05$]. Cependant, il n'est pas possible de conclure quant à la différence de performance entre le déplacement de l'élève lui-même et l'observation du déplacement d'un tiers. Le deuxième contraste C2 n'est pas significatif [M = 0.373 ; SE = 1.66 ; t(111) = 0.225 ; p = 0.8220 donc $p > 0.05$].

3.2. Comparaison de nombres entiers

La deuxième variable dépendante est le nombre de bonnes comparaisons. Les données prises en compte pour cette partie correspondent à un nombre de points.

3.2.1. Statistiques descriptives

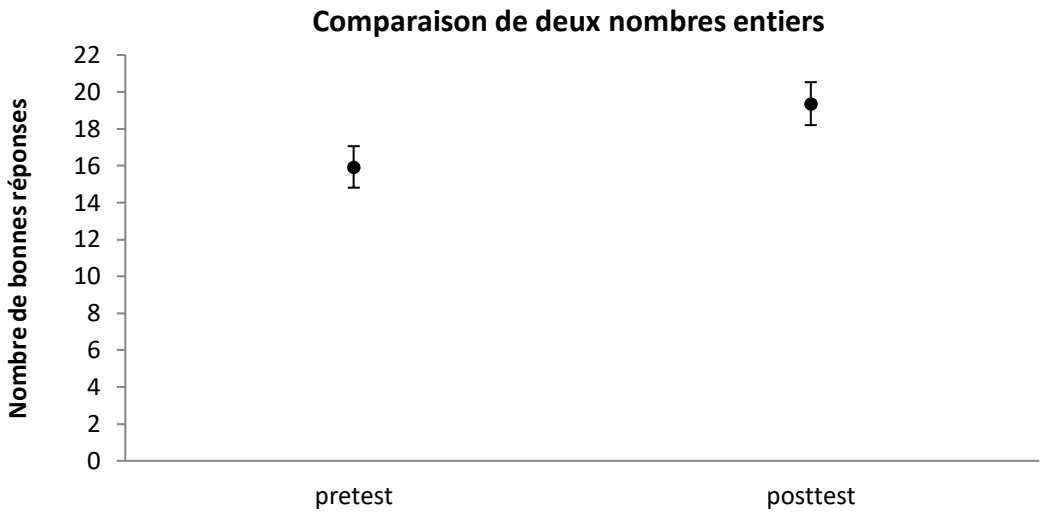


Figure 4 : Moyennes et intervalles de confiance sans tenir compte de la condition expérimentale pour le nombre de bonnes comparaisons

En moyenne, 3,44 bonnes réponses ont été données en plus entre le pré-test (15,93) et le post-test (19,37) quelle que soit la condition.

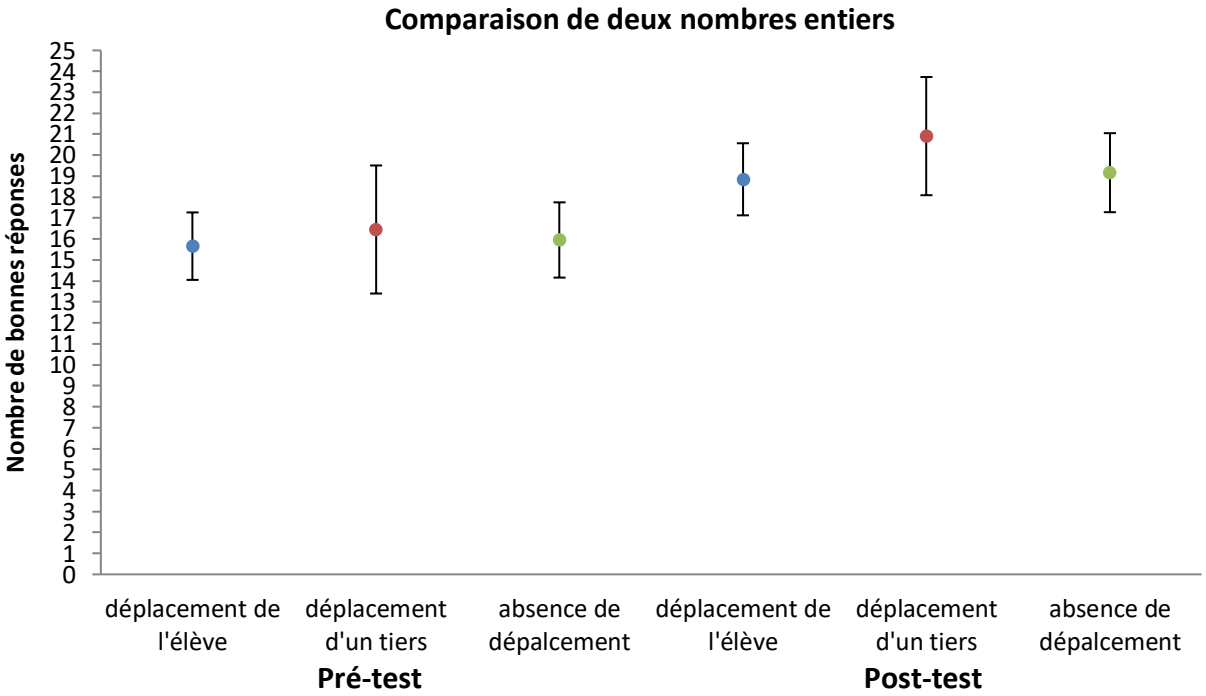


Figure 5 : Moyennes et intervalles de confiance pour le nombre de bonnes comparaisons en fonction de la condition expérimentale

Le nombre moyen de bonnes réponses a augmenté quelle que soit la condition expérimentale. Lorsque l'élève a réalisé les entrainements en se déplaçant lui-même, le nombre

de bonnes réponses donné a augmenté de 3,19. Pour les élèves qui observaient le déplacement d'un tiers il a augmenté de 4,46. Pour la condition expérimentale n'incluant aucun déplacement, il a augmenté de 3,21.

3.2.2. Statistiques inférentielles

3.2.2.1. Effets des covariants

L'ANCOVA a mis en évidence que le facteur nombre de bonnes réponses moyen au pré-test [$F(1,112) = 157.84$; $p < 0.001$ donc $p < 0.05$] covariait significativement avec le nombre de bonnes réponses obtenu au post-test. Le délai entre le pré-test et le post-test a impacté significativement le nombre de bonnes réponses au post-test [$F(1,112) = 5.45$; $p = 0.021$ donc $p < 0.05$].

3.2.2.2. Effets des contrastes

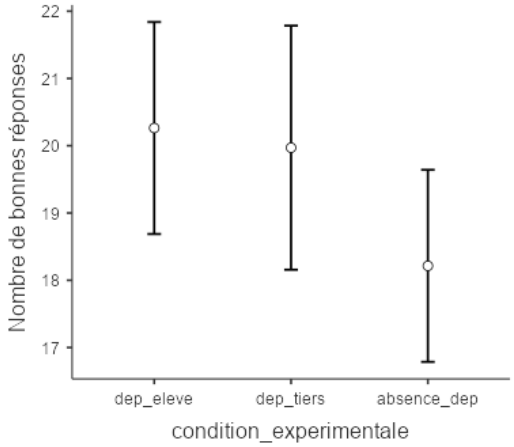


Figure 6 : Moyennes et intervalles de confiance pour le nombre de bonnes réponses en fonction des covariants et de la condition expérimentale au post-test

L'analyse de l'effet des contrastes et la figure 6 indique que le nombre de bonnes réponses tend à être supérieur lorsque les élèves ont eu un entrainement avec un déplacement plutôt qu'un entrainement sans déplacement. En effet, bien que le premier contraste C1 ne soit pas significatif [$M = -1.903$; $SE = 0.970$; $t(112) = -1.961$; $p = 0.052$ donc $p > 0.05$], il y a une tendance à une différence entre les conditions expérimentales incluant un déplacement et l'absence complète de déplacement. Cependant, il n'est pas possible de conclure quant à la différence de performance entre le déplacement de l'élève lui-même ou l'observation du déplacement d'un tiers le deuxième contraste C2 n'étant pas significatif [$M = -0.293$; $SE = 1.307$; $t(112) = -0.224$; $p = 0.823$ donc $p > 0.05$].

3.3. Problèmes arithmétiques

La troisième variable dépendante est le score aux problèmes arithmétiques. Les données utilisées pour l'analyse sont exprimées en nombre de points.

3.3.1. Statistiques descriptives

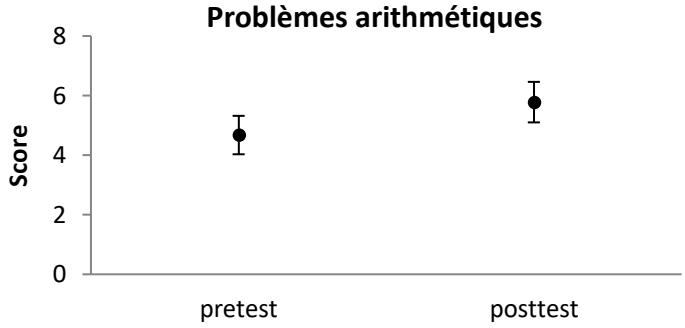


Figure 7 : Moyennes et intervalles de confiance sans tenir compte de la condition expérimentale pour le score

Quelle que soit la condition expérimentale, nous pouvons constater une amélioration de 1,1 point du score moyen entre le pré-test (4,68) et le post-test (5,78).

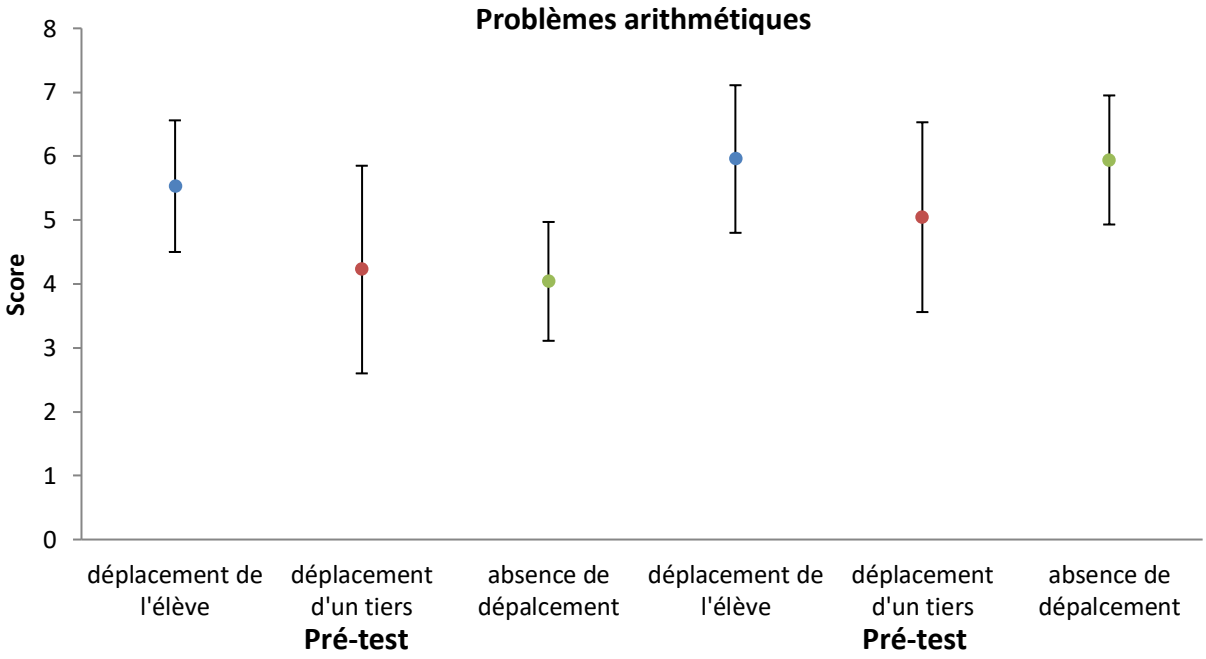


Figure 8 : Moyennes et intervalles de confiance pour le score en fonction de la condition expérimentale

L'amélioration du score moyen entre le pré-test et le post-test pour les conditions expérimentales incluant des déplacements est plus faible que celle sans déplacement. En effet,

dans la condition incluant le déplacement de l'élève lui-même, le score moyen a été amélioré de 0,43 point. Pour l'observation d'un déplacement d'un tiers par l'élève, l'amélioration est de 0,82 point. Les élèves ayant eu un entrainement sans aucun déplacement ont amélioré leur score de 1,9 point en moyenne.

3.3.2. Statistiques inférentielles

3.3.2.1. Effets des covariants

L'ANCOVA a mis en évidence que le facteur score moyen au pré-test [$F(1,112) = 116.5292$; $p < 0.001$ donc $p < 0.05$] covariait significativement avec le nombre de bonne réponse obtenu au post-test. Le délai entre le pré-test et le post-test n'a pas impacté significativement le nombre de bonnes réponses au post-test [$F(1,112) = 0.0779$; $p = 0.781$ donc $p > 0.05$].

3.3.2.2. Effets des contrastes

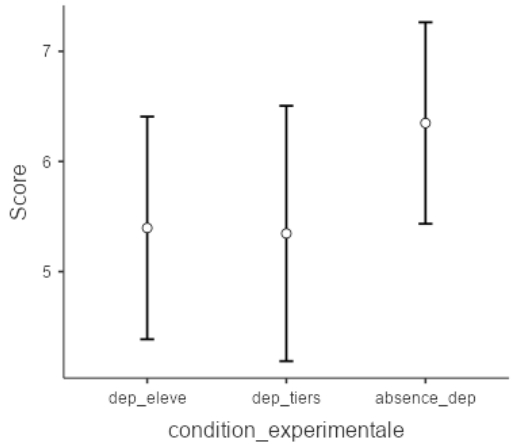


Figure 9 : Moyennes et intervalles de confiance pour le score en fonction des covariants et de la condition expérimentale au post-test

L'analyse de l'effet des contrastes ne permet pas de conclure quant à une différence de réussite entre les différentes conditions pour cette troisième variable dépendante. En effet, le premier contraste C1 n'est pas significatif [$M = 0.9777$; $SE = 0.622$; $t(112) = 1.5717$; $p = 0.119$ donc $p > 0.05$] et le deuxième contraste C2 n'est pas significatif [$M = -0.0502$; $SE = 0.837$; $t(112) = -0.0600$; $p = 0.952$ donc $p > 0.05$]. Cependant, la figure 9 montre une tendance à une moindre réussite des élèves ayant reçu un entrainement avec déplacement quel qu'il soit par rapport à ceux n'ayant eu aucun déplacement au cours de leur entrainement.

4. Discussion

4.1. Recontextualisation

Au cours de cette étude, nous nous sommes intéressés aux éventuels effets bénéfiques, 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, des déplacements de son propre corps ou de ceux d'un tiers sur une ligne numérique chez des élèves de grande section. Pour construire notre étude, nous avons émis des hypothèses. La première envisage que les déplacements 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 contrairement à une absence de déplacement. La seconde envisage que l'observation de déplacements d'un tiers peut également être bénéfique pour ces compétences. Enfin, nous supposons que la progression sera plus importante par le déplacement de la personne elle-même que par l'observation d'un tiers. Afin de vérifier ces hypothèses, nous avons mis en place un protocole comportant un pré-test, trois séances d'entrainement et un post-test. Pour les entrainements, il y avait trois conditions différentes : soit l'élève se déplaçait, soit il observait le déplacement d'un tiers, soit il n'y avait aucun déplacement. Les résultats obtenus ont ensuite été analysés.

4.2. Mise en lien avec les recherches antérieures

4.2.1. Les effets du corps sur les apprentissages mathématiques

La première hypothèse envisageait que le déplacement entrainerait une amélioration des différentes compétences travaillées par rapport à l'absence de déplacement. Pour la première compétence travaillée, c'est-à-dire l'association d'une position à un nombre entier, nous avons constaté une amélioration plus importante lorsqu'il y avait un déplacement. Pour la seconde compétence travaillée, à savoir la comparaison de deux nombres entiers, nous avons obtenu un résultat qui tend à montrer que le déplacement corporel apporte des bénéfices par rapport à une absence de déplacement. Pour la troisième compétence, qui porte sur la résolution de problèmes arithmétiques, l'hypothèse est réfutée. En effet, il y a eu une amélioration dans les trois conditions d'entrainement mais nous ne pouvons pas affirmer que l'amélioration est plus prégnante dans les conditions impliquant des déplacements que dans celle qui ne présente aucun déplacement. Cependant, ce que nous constatons pour les premières compétences vient

confirmer ce qui a déjà pu être mis en évidence par Link et al. (2013) qui ont présenté les effets bénéfiques de l'usage du corps sur des compétences en lien avec les nombres en particulier sur l'estimation des nombres sur une ligne numérique. Cette étude présentait des similitudes avec la nôtre telle que l'usage d'une ligne numérique représentée au sol et un retour immédiat sur les réponses mais également des différences. En effet, la ligne numérique allait de 0 à 100. De plus, les élèves ne devaient pas associer un nombre à une position donnée mais estimer la position d'un nombre donné. Nos résultats vont également dans le sens de ceux de Crollen et ses collègues (2020) qui ont mis en avant l'efficacité d'un entrainement multisensoriel plutôt qu'un simple entrainement visuel en particulier pour les compétences arithmétiques.

4.2.2. Les effets de l'observation d'un tiers sur les apprentissages mathématiques

La deuxième hypothèse envisageait que l'observation du déplacement pouvait être bénéfique pour les élèves. Suite à notre étude, nous constatons une amélioration des résultats des élèves pour les trois compétences travaillées. Cela permet donc de venir conforter ce qu'ont observé Cook, Duffy et Fenn (2013, cités dans Mavilidi et al., 2018) concernant les effets positifs de l'observation des mouvements d'un tiers malgré les nuances que Mavilidi et ses collègues (2018) ont pu apporter. En effet, leur étude consistant en l'observation de mouvements d'un tiers par les élèves sur une ligne de nombres composée de cubes en mousse allant de 1 à 20 ne montrait aucun bénéfice sur les compétences travaillées, en particulier la comparaison de deux nombres entiers.

4.2.3. La comparaison des effets entre le déplacement de l'élève ou l'observation d'un tiers

Enfin, nous avions envisagé que si l'observation d'un tiers était bénéfique pour les élèves, le déplacement de l'élève lui-même serait le plus efficace. Les résultats ne mettent pas en avant une différence significative entre les deux conditions. Cette dernière hypothèse est donc réfutée dans le cadre de notre étude. Par ailleurs, on ne peut pas conclure quant à l'absence de différences entre les deux conditions et affirmer qu'elles sont équivalentes.

4.3. Limites

Deux de nos hypothèses ont été confirmées par notre étude. Cependant, la troisième n'a pas été validée. Un point à prendre en compte correspond aux échantillons. En effet, seulement

22 élèves se sont entrainés avec la condition expérimentale observation d'un tiers contre 47 qui ont bénéficié d'un entrainement avec leur propre déplacement. Le nombre de participants qui a réalisé les entrainements en observant un tiers était plus petit que dans les deux autres conditions d'entrainement et en particulier celle où l'élève se déplaçait lui-même. Le niveau des élèves a peut-être été moins représentatif des grandes sections de maternelle et l'évolution de ces élèves-là a peut-être été moins significative puisque l'échantillon était plus petit que pour les deux autres groupes.

Un autre aspect qui peut être pris en compte, bien qu'il ait influé pour les trois hypothèses, est le délai entre le dernier entrainement et le post-test. En effet, ce dernier était initialement prévu la semaine suivant la dernière séance d'entrainement. Cependant, en raison de la fermeture des classes suite à la situation sanitaire, les post-tests ont pu se dérouler jusqu'à trois semaines après. Lorsque nous avions émis nos hypothèses, nous envisagions un délai plus court.

Notre étude peut également présenter des inconvénients. Tous les élèves n'ont pas eu les mêmes encadrants. Cela implique donc des différences lors de la passation des pré-tests et post-tests ainsi que pendant la réalisation des séances d'entrainement même si l'ensemble des encadrants avaient un protocole à respecter afin d'être le plus possible en accord.

Par ailleurs, concernant les pré-tests et les post-tests, en particulier pour l'étude de la troisième variable dépendante, les élèves pouvaient être gênés par le vocabulaire. Cette variable dépendante était le score obtenu suite à la résolution de problèmes additifs et soustractifs. Par exemple, plusieurs élèves ont bloqué pour le problème « Lyna avait 8 cerises. Elle en cueille 2. Combien de cerises a-t-elle en tout ?» puisqu'ils ne connaissaient pas le sens de « cueillir ». Certains ont donc pu répondre aléatoirement à la question même si cette compétence était acquise pour eux. Nous aurions donc pu nous assurer au préalable que l'ensemble du vocabulaire était connu par tous les élèves ce qui nous aurait par ailleurs permis de faire un travail interdisciplinaire.

Une autre limite de notre étude concerne l'absence de prise en compte du milieu social des élèves. En effet, tous n'ont pas les mêmes origines. Certaines familles ne peuvent pas aider leurs enfants. Les élèves sont dans les apprentissages scolaires uniquement à l'école alors que d'autres peuvent être soutenus à la maison. Ils ont donc acquis des connaissances chez eux et ont plus d'outils que d'autres. Cela peut représenter un biais qui peut avoir une influence sur nos résultats. Nous pourrions nous demander si proposer des méthodes différentes comme le mouvement corporel n'apporterait pas davantage aux élèves non aidés à la maison.

Enfin, les modalités de réponse lors de nos séances d'entrainement ont pu poser problème. Pour la première séance, les élèves avaient une ligne miniature et étaient non loin de la grande ligne numérique au sol qui faisait trois mètres de long. Le problème d'échelle a pu perdre certains élèves qui n'arrivaient plus à estimer le nombre. Une deuxième modalité de réponse pour les élèves était de choisir le bon nombre parmi les cartes nombres. L'utilisation de celles-ci pouvait rendre complexe la tâche des élèves puisqu'ils devaient mobiliser de nombreuses compétences. En effet, ils devaient estimer le nombre puis retrouver ce nombre parmi les cartes et donc lire les nombres et les reconnaitre. Enfin, ils devaient dire le mot-nombre. Par ailleurs, l'utilisation de ces cartes pouvait influencer les élèves. Certains pouvaient penser à un nombre mais en lisant les autres cartes pouvaient donner un nombre proche.

4.4. Perspectives

La réalisation de notre étude pourrait connaitre des modifications. Tout d'abord, les échantillons devraient être plus équilibrés afin d'avoir une représentation la plus fidèle possible d'un groupe de la population ici les grandes sections de maternelle. Nous pourrions également réaliser les post-tests la semaine suivant le dernier entrainement (ce qui était initialement prévu) puis réaliser d'autres tests à différents intervalles de temps suivant le dernier entrainement afin de voir si les bénéfices de ces entrainements sont durables dans le temps. Par exemple, pour notre étude, il aurait pu être intéressant d'observer les résultats des participants aux évaluations nationales de CP qui ont été réalisées en septembre soit environ 5 mois après le dernier entrainement. En effet, il y avait un exercice d'association d'une position à un nombre entier. Nous aurions pu comparer les résultats des élèves en fonction des différentes conditions d'entrainement mais également par rapport à ceux des autres enfants qui n'ont pas participé à cette recherche.

Les modalités de réponse pourraient également être modifiées. En effet, lors de deux entrainements sur les trois, les enfants bénéficiaient d'un support qui contenait les chiffres pour répondre. Ce support n'était plus présent lors du troisième entrainement et lors de la passation du post-test. Ces supports peuvent demander aux enfants de mobiliser de nombreuses compétences. Les enfants peuvent donc plus se concentrer sur les autres compétences que sur celle d'estimation du nombre. Les entrainements ne seraient alors pas forcément bénéfiques. La réponse formulée par l'élève pourrait donc se faire seulement en utilisant le mot-nombre du nombre. La ligne numérique avec l'ensemble des chiffres pourrait cependant être montrée à l'élève lors du premier entrainement afin qu'il fasse l'analogie entre la grande ligne numérique

au sol et la petite qu'il avait lors du pré-test. Cette ligne miniaturisée lui permettrait également de comprendre qu'il peut « découper » cette grande ligne comme la petite.

4.5. Impacts

Cette étude a permis de valider certaines de nos hypothèses. La séquence mise en place peut donc être bénéfique pour l'acquisition de certaines compétences mathématiques. Sa mise en œuvre a été possible puisque nous étions en stage. En effet, nous pouvions faire passer les élèves individuellement. Dans le cas où l'enseignant est seul dans sa classe avec ses élèves, ces entrainements semblent plus compliqués à mettre en œuvre. En effet, faire passer l'ensemble des enfants prend beaucoup de temps et mobilise l'enseignant durant tout ce temps. Il faudrait donc trouver des adaptations afin de permettre aux élèves de réaliser ces séances.

La réalisation de ce mémoire nous a amené à travailler en groupe. Nous avons échangé nos différents points de vue et idées afin de réaliser cette étude qui a été conduite par l'ensemble des étudiants accompagnés de nos encadrants. Nous avons ainsi travaillé en équipe, ce qui est très important pour notre futur pratique professionnelle. En effet, bien que l'enseignant soit seul dans sa classe, il est amené à travailler avec l'ensemble de l'équipe pédagogique de l'école mais également avec de nombreux partenaires.

Ce travail nous a également permis de nous rendre compte de l'importance de la recherche pour l'enseignement. En effet, les différents articles que nous avons lus nous ont montré l'importance de l'utilisation du corps dans les apprentissages ce qui n'est pas explicite dans les programmes.

Enfin, cette étude nous a permis de travailler avec rigueur puisque nous avons dû appliquer un protocole précis afin d'avoir des résultats obtenus dans des conditions de réalisation similaires pour pouvoir les analyser. De plus, la réalisation de ce document nous a aidé à développer des compétences rédactionnelles étant donné que nous avons dû argumenter et organiser des idées.

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

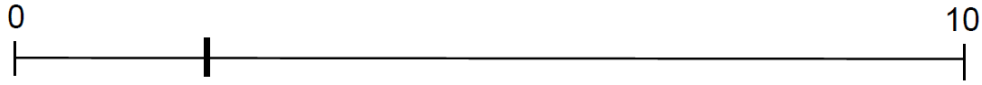
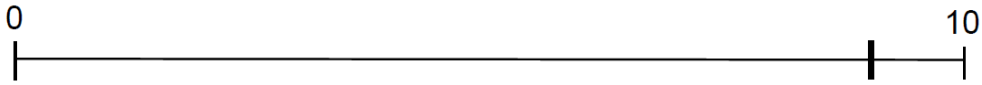
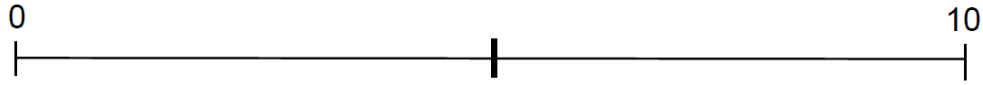
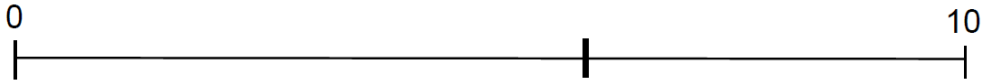
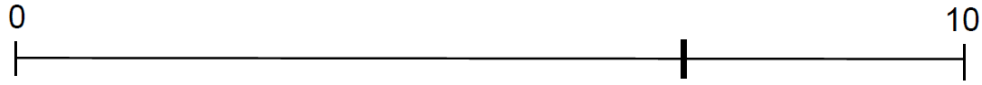
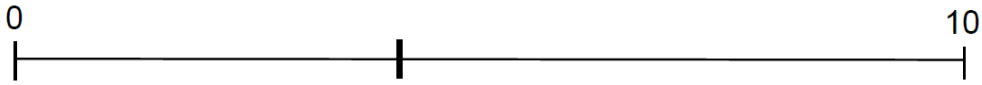
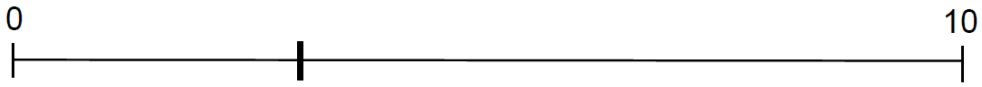
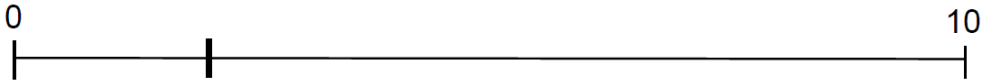
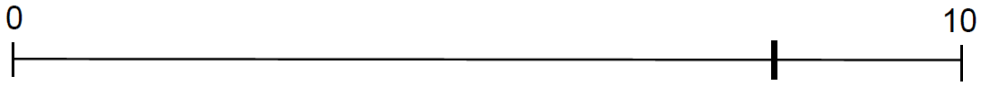
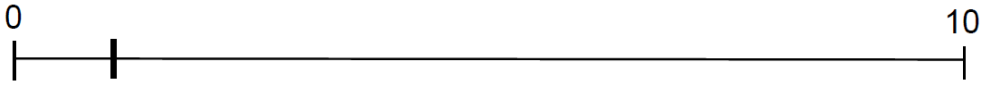
Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. (2020). Note d'information n°20-47. Repéré à https://www.education.gouv.fr/timss-2019-mathematiques-au-niveau-de-la-classe-de-quatrieme-des-resultats-inquietants-en-france-307819

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 : Exercice 1 du pré-test et du post-test.

Entrainement	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	

Annexe 2 : Exercice 2 du pré-test et du post-test.

Entrainement 1	1	2
Entrainement 2	8	4
Entrainement 3	2	1
1	2	8
2	8	7
3	3	2
4	4	2
5	9	4
6	9	5
7	5	6
8	5	9
9	3	9
10	4	7
11	4	6
12	8	6
13	6	7
14	1	4
15	9	3
16	3	6
17	6	5
18	7	4
19	8	2
20	1	3
21	2	4
22	3	7
23	6	4
24	6	8
25	7	3
26	7	9
27	9	8
28	4	9
29	3	1
30	9	7
31	7	6
32	7	8
33	6	3
34	8	9
35	2	3
36	4	1

Annexe 3 : Exercice 3 du pré-test et du post-test.

Entrainement 1	Max avait 2 billes. Il en gagne 1. Combien de billes a-t-il en tout ?
Entrainement 2	Amélia avait 4 gâteaux. Elle en mange 2. Combien de gâteaux lui reste-t-il ?
1	Léo avait 3 billes. Il en gagne 2. Combien de billes a-t-il en tout ?
2	Emma avait 5 pommes. Elle en mange 2. Combien lui en reste-t-il ?
3	Alex avait 7 billes. Il en perd 2. Combien de billes lui reste-t-il ?
4	Lyna avait 8 cerises. Elle en cueille 2. Combien de cerises a-t-elle en tout ?
5	Paul avait 9 perles. Il en perd 3. Combien de perles lui reste-t-il ?
6	Lou avait 6 perles. Elle en gagne 3. Combien de perles a-t-elle en tout ?

Institut national supérieur du professorat et de l'éducation
Académie de Grenoble

Année universitaire 2021-2022

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

Mention Premier degré

Titre du mémoire : Le rôle des déplacements corporels dans les apprentissages en mathématiques en grande section de maternelle

Auteur : Chloé GERIN

Résumé : De nombreuses études ont mis en avant les effets bénéfiques de l'utilisation du corps dans les apprentissages, notamment pour certaines compétences mathématiques. Malgré des résultats parfois discordants, des chercheurs ont également mis en exergue de possibles effets de l'observation d'un tiers.

Dans ce cadre, nous nous sommes demandés si l'usage du corps par son propre mouvement ou celui d'un tiers avait des effets bénéfiques sur l'association d'une position à un nombre entier, sur la comparaison de deux nombres entiers et sur la résolution de problèmes additifs et soustractifs.

Pour notre étude, 11 classes soit 117 élèves de grande section ont participé à un pré-test et un post-test précédé de trois entrainements. Ces derniers se sont déroulés selon trois conditions. Pour la première, les élèves utilisaient leur corps pour se déplacer le long d'une ligne numérique, pour la seconde, ils observaient un tiers, pour la dernière, il n'y avait aucun déplacement.

Les résultats montrent que l'usage de son propre corps ou l'observation de celui d'un tiers peut avoir des effets bénéfiques dans l'acquisition de certaines compétences mathématiques.

Cette étude a apporté des résultats validant partiellement nos hypothèses qui pourront être utilisés en classe après quelques modifications dans la mise en œuvre.

Mots clés : Mathématiques – Cycle 1, école maternelle, grande section – Nombre – Ligne numérique – Déplacement corporel

Abstract: Numerous studies have highlighted the beneficial effects of using the body in learning, particularly for certain mathematical skills. Despite results that may be discordant, researchers have also mentioned possible effects of a third-party observation. In this context, we wondered whether the use of the body through one's own movement or that of a third person had beneficial effects on the association of a position with an integer, on the comparison of two integers and on the solution of additive and subtractive problems.

For our study, 11 classes, that means 117 students in kindergarten, participated in a pre-test and a post-test preceded by three training sessions. These took place under three different conditions. For the first one, the students used their body to move along a numerical line, for the second one, they observed a third person and finally, for the last one, there was no movement.

The results show that the use of one's own body or the observation of another's body can have beneficial effects in the acquisition of certain mathematical skills.

This study has provided us results that confirm our assumptions which can then be used in the classroom after a few modifications.

Keywords: Mathematics – Kindergarten – Number – Numerical line – Movement