

MOREAU Camille
Master 2 MEEF 1^{er} degré



**L'influence de la manipulation lors de la résolution
de problème au cycle 2**

Sous la direction de Mme GUERRY et M. GAULON



Année scolaire 2017 - 2018

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier mes directeurs de mémoire, Madame Michèle Guerry et Monsieur Didier Gaulon, pour l'aide qu'ils m'ont apporté lors de la réalisation de cette recherche.

Je remercie particulièrement Madame Michèle Guerry pour son aide et le temps qu'elle m'a consacré durant ces deux années. Son investissement et sa patience m'ont permis d'avancer de façon plus confiante tout au long de ce travail de recherche. Ses conseils quant à la méthodologie de recherche m'ont été très précieux.

Je remercie également Monsieur Adrien RASOLOARIMANANTSOA, enseignant qui m'a fait découvrir pour la première fois l'intérêt tout particulier de la manipulation en mathématiques, lors d'un stage en cycle 2 et qui m'a inspiré quant au sujet de ce mémoire.

Ensuite, je souhaite remercier tout particulièrement mes élèves qui se sont investis lors des activités proposées et sans qui cette recherche n'aurait pas été possible.

Puis, je remercie aussi ma collègue Clara PASCAUD pour son soutien, son écoute et pour tous les échanges constructifs que l'on a pu avoir tout au long de cette première année d'enseignement. Je la remercie également de m'avoir permis d'adapter l'emploi du temps afin de mettre en place cette recherche.

Pour finir, je remercie ma famille et mes amis de m'avoir soutenu tout au long de mes études.

Résumé

Cette étude a pour objectif de montrer l'influence de la manipulation sur l'attention des élèves, leur motivation et leur performance lors d'une tâche de résolution de problème. L'expérience a été menée durant quatre séances, sur six élèves de CE1, d'âge moyen sept ans. Nous avons évalué l'attention des élèves à l'aide d'une grille d'observation des comportements inattentifs, leur performance par leur réussite à la tâche de résolution de problème et pour mesurer leur motivation, les élèves ont rempli un questionnaire. Les résultats indiquent que la manipulation rend les élèves plus motivés mais moins attentifs et performants lors d'une tâche de résolution de problème.

Mots clés :

manipulation – attention – motivation – performance – résolution de problème – cycle 2

Table des matières

Introduction.....	1
1 – Apports théoriques	3
1.1 Les différents mécanismes de l'attention.	3
1.2 Des recherches dans le domaine de l'attention et des apprentissages	4
1.3 Apports scientifiques sur l'expérimentation et sur la manipulation.	5
1.4 La manipulation dans la discipline mathématique.....	6
1.5 La résolution de problème en mathématiques au cycle 2.	9
1.6 La place de la manipulation dans la résolution de problème en mathématiques.....	10
1.6.1 Quels bénéfices ?.....	10
1.6.2. Limites et précautions.....	11
2 – Recherche expérimentale	13
2.1 Problématique et méthodologie de recherche	13
2.2 Expérience.....	14
2.2.1 Méthode	14
2.2.1.1 Matériel.....	14
2.2.1.2 Sujets.....	15
2.2.1.3 Procédure.....	15
2.2.1.4 Variables et plan expérimental.....	17
2.2.2 Présentation et analyse des résultats.....	19
2.2.2.1. Effet de la présence ou de l'absence de manipulation sur l'attention (effet principal).....	19
2.2.2.2 Effet du profil sur l'attention.....	20
2.2.2.3 Effet de la manipulation et du type de profil sur l'attention.....	21

2.2.2.4. Effet de la présence ou de l'absence de la manipulation sur la motivation (analyse du questionnaire).....	23
2.2.2.5. Effet de la présence ou de l'absence de la manipulation sur la performance.....	26
2.2.2.6. Effet du profil sur la performance.....	27
2.2.2.7 Effet de la manipulation et du profil sur la performance	28
2.2.3 Discussion.....	30
2.2.3.1 Analyse des résultats de l'élève B.....	31
2.2.3.2 Les limites de l'expérimentation et les perspectives envisageables.....	32
2.2.4 Conclusion.....	35

Bibliographie

Table des annexes

Introduction

Le dernier rapport PISA (Programme international pour le suivi des acquis) de 2015 a mis en lumière les faibles résultats des écoliers français dans le domaine des mathématiques. Résultats que l'ancienne Ministre de l'Éducation, Madame Najat Vallaud Belkacem, qualifie de « *mauvais* » « *inacceptables* » et qui « *doivent nous alerter* ».

Comment expliquer ces mauvais résultats ?

Certains dénoncent les choix politiques d'hier. D'autres pointent du doigt la formation des enseignants. En outre, l'approche trop abstraite de la discipline est une autre raison susceptible d'expliquer cette faiblesse des écoliers français. C'est sur ce dernier point que nos recherches vont se centrer.

À l'heure où une des principales difficultés pour les enseignants est de capter l'attention de chaque élève, on s'interroge sur les types de supports pédagogiques susceptibles de capter l'attention des élèves et de donner du sens aux apprentissages.

Quel support pédagogique utiliser pour pallier au désintéressement, aux comportements inattentifs et pour faire en sorte de rendre les notions concrètes aux yeux des élèves ?

Outre-Manche, par exemple, les élèves manipulent des ballons et des cubes pour comprendre le principe de la division et de la soustraction et les résultats se sont significativement améliorés en vingt ans.

La manipulation, essentielle et quotidienne en cycle 1, a tendance à être délaissée lors de l'entrée au cycle 2 et encore plus lors du cycle 3, alors qu'elle représenterait un intérêt tout particulier. Nos recherches porteront sur la place de la manipulation dans l'enseignement des mathématiques et en particulier dans le domaine de la résolution de problème mettant en jeu l'addition et la soustraction.

Ces dernières années, les programmes insistent sur la nécessité de rendre les élèves acteurs de leurs apprentissages et de donner du sens à ces derniers. On s'interroge alors sur la place de la manipulation au sein de l'école élémentaire et sur ces effets. De ces constats émerge la question suivante : *quels sont les effets de la manipulation lors de la résolution de problème en CE1, sur l'attention, la motivation et la performance ?*

Pour tenter de répondre à cette problématique nous nous appuyerons dans une première partie sur des apports théoriques concernant l'attention et les impacts de la manipulation lors de la résolution de problème. Dans une seconde partie, nous présenterons la recherche menée avec six élèves de CE1. Enfin, nous exposerons et analyserons les résultats de cette recherche afin de tirer des conclusions sur l'influence de la manipulation lors de la résolution de problème sur l'attention, la motivation et la performance.

1 - Apports théoriques :

1.1 - Les différents mécanismes de l'attention

William James (psychologue américain) définit l'attention comme *la « prise de possession par l'esprit, sous une forme claire et vive, d'un objet ou d'une suite de pensées parmi plusieurs qui semblent possibles [...] »*, elle *« implique le retrait de certains objets afin de traiter plus efficacement les autres »*.

Le processus de l'attention est complexe et se distingue en différents mécanismes étudiés en psychologie cognitive. De plus, nous verrons que les ressources attentionnelles sont limitées.

Le premier mécanisme est l'état d'alerte, c'est un état d'éveil lors duquel la mobilisation énergétique de l'organisme est minimale, ce qui permet au système nerveux d'être réceptif de façon non spécifique à toutes les informations (intéroceptives ou extéroceptives). On distingue deux types d'états d'alerte. D'une part, l'état d'alerte phasique qui permet à l'organisme de se préparer à émettre une réponse dès qu'il est informé par un stimulus avertisseur. D'autre part, l'état d'alerte tonique qui correspond au tonus mental de base et qui fait que nous sommes réceptifs aux signaux extérieurs.

L'attention soutenue (ou maintenue) est le deuxième mécanisme qui dépasse l'état d'alerte. Cette attention correspond à l'orientation intentionnelle de l'intérêt vers une ou plusieurs sources d'informations ainsi qu'au maintien constant de l'intérêt pendant une longue période. Ce mécanisme s'illustre en classe lors des temps consacrés aux leçons : les élèves maintiennent leur attention tout au long de la leçon et réagissent au stimulus envoyé par l'enseignant (exemple : lorsqu'il leur pose des questions). À ce sujet, Boujon et Quaireau (1997) expliquent que *« l'attention ne peut pas être soutenue ou maintenue indéfiniment sans entraîner une certaine fatigue qui se traduit par une diminution de l'efficacité des actions exercées sur l'environnement »*. Le *Test de barrage de Zazzo* (Zazzo, 1972) est un exemple de test qui permet d'évaluer l'attention soutenue.

Le troisième mécanisme est l'attention sélective. Elle permet au sujet de faire le tri des informations disponibles afin de ne retenir et traiter que celles qui sont pertinentes au regard de l'activité en cours. Ainsi, les réponses aux autres stimuli présentés sont inhibées. Cette attention se

caractérise par deux mécanismes indépendants. D'un côté, le mécanisme de **focalisation** permet au sujet d'améliorer le traitement d'une information en la dégageant des autres. De l'autre, l'**inhibition** permet de négliger les informations périphériques ou accessoires à la réalisation de la tâche. À l'école, la difficulté pour un élève réside dans le fait d'orienter son attention au cours d'un apprentissage et en cela d'inhiber les distracteurs. Un des tests utilisés pour tester cette attention est le *Test de Stroop* (Albaret, 2004).

Le quatrième mécanisme est l'attention divisée ou partagée. On parle d'attention divisée lorsque l'on partage l'attention entre deux activités qui ne sont pas liées. Par ailleurs, lorsque nos ressources attentionnelles sont réparties sur une même tâche, on parle d'attention partagée.

Ainsi le degré d'attention peut se moduler selon deux paramètres : l'intensité et la sélectivité. L'état d'alerte et l'attention soutenue renvoient à la notion d'intensité, au degré de vigilance. Tandis que l'attention sélective et l'attention divisée ou partagée renvoient à un aspect sélectif dans le traitement de l'information.

D'un point de vue anatomique, deux régions cérébrales sont principalement reliées à l'attention. D'une part, le lobe préfrontal contrôle les actions volontaires, le maintien de l'attention et la coordination. D'autre part, lorsque nous déplaçons notre attention vers une information, c'est la région postérieure du lobe occipital qui s'active.

1.2 - Des recherches dans le domaine de l'attention et des apprentissages

Le manque d'attention des élèves est un sujet de préoccupation majeur chez les enseignants. Selon eux, il s'agit d'une des causes principales des difficultés d'apprentissage (Boujon, C., Gaux, C., Greff, E., Iralde, L., Lainé, A., Pagoni-Andreani, M., Perraudeau, M., Pulido, L., & Weil-Barais, A., 2004). Lapp (2006) a démontré que l'attention est un pilier essentiel à l'apprentissage, en établissant une chaîne du mécanisme de la mémorisation. Pour elle, la motivation entraîne une capacité d'attention qui permet à l'élève de se concentrer, cette concentration entraîne la mise en place d'une organisation des informations, elle-même favorable à l'apprentissage. Lapp par sa démonstration nous montre que plusieurs facteurs interviennent dans la réussite d'un bon apprentissage et que chacun des facteurs est important. Ainsi, si l'un des maillons de la chaîne est

défectueux, alors il n'y aura pas d'apprentissage. Leconte (2005) ajoute qu'un apprentissage met en jeu trois étapes attentionnelles : réveiller et focaliser l'attention, rendre l'attention sélective et maintenir cette attention sur le temps nécessaire.

De surcroît, les ressources attentionnelles sont limitées, ainsi il est préférable de privilégier une situation d'apprentissage visant un seul objectif, plutôt qu'une situation multitâche où l'attention est partagée et où il devient beaucoup plus coûteux cognitivement pour l'enfant de se concentrer pour comprendre et ainsi apprendre.

Comme nous avons pu le noter, le facteur motivationnel est primordial. En effet, si un enfant fait face à une situation complexe, dont il ne comprend pas l'intérêt, alors il n'aura aucune motivation pour être attentif et pour s'engager dans la tâche. Être confronté à des élèves inattentifs rend d'autant plus difficile la transmission pédagogique (Boujon et al., 2004). Il est vrai que des facteurs biologiques rendent l'enfant moins attentif à certain moment de la journée mais se pose surtout le problème pour l'enseignant de mettre en œuvre des dispositifs pédagogiques permettant de capter et de maintenir l'attention de tout élève pour envisager une bonne compréhension des notions et donc un bon apprentissage.

1.3 - Apports scientifiques sur l'expérimentation et sur la manipulation

Pour Favre (2010) les activités expérimentales ont une très grande importance pour les élèves. Contrairement au modèle transmissif où les élèves sont souvent passifs, l'expérimentation permet aux élèves de bénéficier d'un moment d'autonomie où il est possible de se tromper, de recommencer, de discuter, mais aussi de s'enrichir de l'expérience de l'autre. En cela, l'expérimentation représente pour eux une activité motivante et plaisante.

Concernant le domaine des mathématiques, des chercheurs ont pu observer l'influence positive des sens (visuel, auditif et haptique) sur les apprentissages (Gentaz, E., Bara, F., Palluel-Germain, R., Pinet, L., & Hillairet de Boisferon, A., 2009). Le sens haptique (c'est à dire le sens du toucher) permettrait aux élèves de mieux s'appropriier les notions et ainsi de mieux les apprendre.

Dans le cadre de son mémoire de maîtrise des métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation mention premier degré, Adélaïde Cardineau (2016) a mené une recherche au sein d'une classe de CE1 sur l'influence des supports pédagogiques sur l'attention des élèves en géométrie spatiale. Les élèves ont rempli un questionnaire et il en ressort qu'ils désignent le support 3D comme étant le meilleur outil de travail. Leurs arguments en faveur du support 3D sont les suivants : «il est plus facile de compter (les faces, les arêtes et les sommets) quand ils peuvent les toucher et ils prennent plus de plaisir à tenir l'objet dans leur main. Les résultats de sa recherche vont dans le sens de la préférence du support 3D. L'expérience menée a montré que l'utilisation de type de support 3D (objets à manipuler) induit une meilleure attention et donc une meilleure performance des élèves par rapport au support 2D (support papier) et au support numérique (représentation plane d'objet tridimensionnel).

D'autre part, Fulya Yilmaz (2015) (lors de sa maîtrise des métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation mention second degré) a mené des recherches en SVT (Sciences de la vie et de la terre) sur l'impact de la manipulation sur une activité d'élèves de 3ème concernant la substance composant le chromosome. L'étude a permis de montrer que lors d'une tâche complexe, les élèves sont plus motivés, attentifs et performants lorsqu'elle est réalisée en manipulant (ici le microscope) plutôt qu'avec une analyse de documents papiers. Cependant, il reste à démontrer si les bénéfices concernent aussi la consolidation des connaissances.

1.4 - La manipulation dans la discipline mathématique

La discipline mathématique qui suit les élèves tout au long de leur scolarité est souvent perçue de manière négative par ces derniers. En général, les élèves partent de l'idée qu'ils sont bons en maths ou qu'ils ne le sont pas, comme si la réussite était déterminée à l'avance. Cependant la bosse des maths n'existe pas et cette idée reçue est sans doute le fruit d'une approche trop abstraite des notions. En effet, il semble primordial que tout apprentissage prenne sens aux yeux des élèves pour qu'ils deviennent acteur de ce dernier.

Que dire d'une approche ludique des mathématiques basée sur la manipulation ?

Depuis 2000, la ville de Singapour, qui occupe la première place aux enquêtes PISA (2015), a influencé plusieurs pays du monde (parmi lesquels les États-Unis, les Pays-Bas, le Brésil, ou plus

récemment le Royaume-Uni) par son approche des mathématiques. S'inspirant des travaux de Jerome Bruner (psychologue américain), la méthode dite « concrète, imagée et abstraite » repose sur l'idée que l'objectif des mathématiques est de passer du concret à l'abstrait. Elle propose donc d'accompagner progressivement les élèves lors de ce passage délicat à l'abstraction en procédant par étape. Il s'agit de donner à l'élève un éventail de représentations des nombres qui va l'aider à s'en faire une image mentale. Illustrons cela par un exemple. Si l'on propose le problème suivant à un élève « 3 canards sont dans une mare, 2 sont à l'extérieur, combien y a-t-il de canards en tout ? », les élèves sont dans un premier temps invités à manipuler des cubes qui correspondent chacun à un canard. La manipulation permet donc aux élèves de percevoir la quantité et donc de donner du sens aux nombres. Ensuite, on dessine chaque cube en 3D puis en 2D, afin d'arriver à l'addition ($3 + 2 = 5$). Le passage du concret à l'abstrait et du simple au complexe se fait donc délicatement. Le système singapourien cherche à apprendre aux élèves le « raisonnement mathématiques », trouver le résultat à tout prix n'est donc pas l'enjeu principal.

La manipulation d'objets concrets semble être un bon compromis pour se représenter des notions et ainsi faciliter leur compréhension ; les enfants ayant parfois du mal à conceptualiser les choses, d'autant plus dans la discipline mathématique. Il paraît important qu'un travail préliminaire de découverte, de manipulation soit effectué avant tout apprentissage, de manière à consolider les représentations de chacun pour maîtriser les bases. En effet, des élèves pourraient partir de représentations faussées, acquérir des bases instables et de ce fait se construire de fausses connaissances.

Comment expliquer le retard des élèves français par rapport aux élèves singapouriens ?

Les nouveaux programmes sont ambitieux et le temps accordé à chaque notion se voit donc raccourci, tandis qu'à Singapour, on traite moins de notions mais on les traite en profondeur afin d'acquérir des bases solides. Le retard ne s'explique donc pas par le volume horaire (180 heures annuelles accordées aux mathématiques en France contre 158 heures à Singapour) mais semble s'expliquer entre autre par la méthode utilisée.

1.5 - La résolution de problème en mathématiques au cycle 2

Qu'est qu'une situation de problème ?

Gérard de Vecchi et Nicole Carmona-Magnaldi (2015) définissent un problème comme « une situation initiale comportant certaines données, qui impose un but à atteindre, qui oblige à élaborer une suite d'actions, qui mobilise une activité intellectuelle, qui fait entrer dans une démarche de recherche, en vue d'aboutir à un résultat final. Ce résultat est initialement inconnu et la solution n'est pas immédiatement disponible ».

Le calcul ne prend sens qu'à partir du moment où il devient un outil pour l'élève afin de traiter des problèmes sur les quantités ou sur les grandeurs. La résolution de problème constitue donc à la fois la source, le moyen et le but de l'enseignement du calcul.

Dès le cycle 1, la résolution de problème permet de susciter le besoin du nombre et le sens du calcul. Elle permet d'impliquer l'élève dans une activité de recherche mathématique et vise la construction de nouvelles connaissances et compétences. Au cycle 2, la résolution de problème est au centre de l'activité mathématique des élèves. Ils ne cessent d'articuler le concret et l'abstrait. La résolution de problème permet de développer leurs capacités à chercher, raisonner et communiquer. Il s'agit aussi d'introduire progressivement les quatre opérations (addition, soustraction, multiplication, division).

Les problèmes de composition de deux états ont été définis dans la typologie des problèmes additifs et soustractifs de Gérard Vergnaud (1991). Il les définit comme des situations qui portent sur trois grandeurs où deux d'entre elles se composent pour donner la troisième. Deux types de problème peuvent alors être proposés : soit l'élève connaît les deux états initiaux et recherche la réunion des deux états (addition), soit l'un des états initiaux et la réunion des deux états sont connus de l'élève, qui cherche alors l'autre état initial (*annexe 1*).

Roland Charnay et Pascal Hervé (2005) définissent plusieurs étapes nécessaires à la résolution de problème. Les élèves doivent être amenés à :

- s'approprier l'énoncé, faire des hypothèses et les tester,
- élaborer une démarche pertinente afin de produire une solution personnelle,

- organiser par un raisonnement, différentes étapes d'une résolution,
- vérifier par eux-mêmes les résultats obtenus,
- formuler une réponse dans les termes du problème,
- expliquer leurs méthodes, les mettre en débat, argumenter.

La lecture de l'énoncé peut représenter un des obstacles à la résolution de problème. Pour s'assurer que l'énoncé et que la question sont compris de tous, l'enseignant doit apprendre aux élèves à sélectionner les informations essentielles dans l'énoncé, au regard de la question posée, afin qu'ils se lancent dans une démarche de résolution. La reformulation du problème par les élèves peut être un outil pour aider la compréhension.

1.6 - La place de la manipulation dans la résolution de problème en mathématiques

Catherine Berdonneau (2006) définit deux phases indispensables pour construire un concept mathématique : **une phase d'action** et **une phase de représentation mentale**. Elle explique que la première phase est fondamentale pour aboutir à la seconde. La première correspond à **une phase de manipulation d'objets réels** qui permet de donner du sens à l'apprentissage, d'ébaucher une première tentative de réponse et d'observer les conséquences de l'action. La seconde correspond à **l'étape d'abstraction et d'élaboration des concepts mathématiques**. Ce point de vue concorde avec la méthode singapourienne : la manipulation aiderait dans un premier temps l'élève à rendre concrètes, des idées abstraites. En outre, dans une interview de 2017 accordée à « *Etre prof* », Pierre Eysseric (formateur en mathématiques pour les professeurs des écoles à l'Ecole supérieure du professorat et de l'éducation de l'académie d'Aix-Marseille) affirmait « *Les enfants ne peuvent pas accéder à l'abstraction à partir de rien* ».

Ces idées font écho au programme de mathématiques du cycle 2, les élèves doivent « *observer et agir sur le réel, manipuler, expérimenter* », « *toutes ces activités mènent à la représentation, qu'elle soit analogique (dessins, images, schématisations) ou symbolique, abstraite (nombres, concepts)* ».

Notons qu'au cycle 2, le matériel de manipulation est dit « *aux groupements apparents et accessibles* », l'élève voit les groupements et peut les défaire, ce qu'il ne pourra plus faire au cycle 3.

1.6.1. – Quels bénéfices ?

D'après Catherine Berdonneau (2006), la manipulation est précieuse pour les élèves mais également pour les enseignants.

Du côté des élèves, la manipulation permet un apprentissage multi-sensoriel puisque qu'elle met particulièrement en éveil le toucher, la vue et l'ouïe, ce qui contribue au développement des fonctions cognitives. En outre, la manipulation canalise l'attention. Le fait de manipuler des objets donne une dimension ludique, et facilite notamment l'entrée dans l'activité. La manipulation permet également d'assimiler plus facilement les concepts mathématiques, puisqu'en prenant appui sur du matériel, l'élève se représente visuellement son raisonnement et peut le communiquer aux autres. Il est alors plus facile de mettre son raisonnement à l'épreuve, de l'objectiver et de le confirmer. L'élève perçoit la quantité et donne du sens au nombre et ainsi s'établissent les liens entre les concepts et les nombreux symboles mathématiques. De surcroît, manipuler libère l'élève de tâches annexes, notamment de l'acte graphique qui paraît souvent abstrait et rébarbatif. La manipulation offre également la possibilité d'expériences nombreuses, du fait de la rapidité des actions. En ce sens, François Boule (1985), formateur en mathématiques, reconnaît que la manipulation est une source de motivation pour l'élève puisqu'elle favorise l'émergence d'initiatives personnelles (méthode essayer-erreur).

Avec la manipulation, l'élève est donc actif, il s'engage et s'investit dans la tâche, accède plus facilement au sens, et cela lui permet de construire solidement son apprentissage. Sa concentration et son attention semblent être renforcées par le fait qu'il vive pleinement l'activité en cherchant à être moteur de ses actions.

Du côté des enseignants, la manipulation constitue tout d'abord un outil de mise au travail effective de l'élève. En outre, l'enseignant peut facilement reconstituer le raisonnement suivi par l'élève en observant le déroulement de sa manipulation. La manipulation constitue donc une base pour évaluer la compréhension des élèves et aide l'enseignant à envisager la suite du programme et les adaptations possibles en fonction de ses observations. En ce sens, la manipulation facilite également la gestion de l'hétérogénéité en classe pour l'enseignant. En effet, l'enseignant peut permettre l'accès au matériel de manipulation dès qu'il le juge nécessaire ou dès que les élèves expriment en ressentir le besoin, de façon à étayer leur recherche. Par ailleurs, le recours à la manipulation peut être également bénéfique aux élèves allophones, puisqu'elle permet de donner sens à des situations mathématiques, malgré l'obstacle du langage.

Toutefois, dans une interview, Pierre Eysseric (2017) note que la manipulation est une nécessité pour tous les élèves afin de se représenter les situations, et non seulement pour les élèves éprouvant des difficultés. Il souligne que les élèves en difficulté en auront peut-être besoin plus longtemps mais attire l'attention sur un des dangers qui serait de croire que : parce qu'ils sont en difficulté, il faut les laisser au stade de la manipulation.

Cette remarque nous amène, à présent, à évoquer les limites de la manipulation et les précautions à prendre lorsque nous l'utilisons.

1.6.2. – Limites et précautions

Certains enseignants et professionnels se questionnent quant aux réels bénéfices de la manipulation.

La plupart des enseignants qui ne font pas systématiquement recours à la manipulation, expliquent cela par des questions de temps mais également car ils y trouvent certaines limites. Ils disent notamment ne pas toujours disposer du matériel adéquat face aux différentes situations mathématiques, or tout est utilisable en résolution de problème (jetons, billes, cubes, pâtes...). Ils soulignent surtout que les élèves peuvent être amenés à jouer avec le matériel de manipulation et ainsi perdre de vue l'objectif réel de l'activité.

Roland Charnay (2013) explique que privilégier un matériel peut conduire à deux risques potentiels. D'une part, que l'élève n'étudie pas certains aspects importants des nombres. D'autre part, que privilégier un matériel pourrait conduire l'élève à « devenir esclave » de ce dernier, au point de ne plus pouvoir comprendre et travailler des notions sans référence explicite ou mentale au matériel.

François Boule (1985) explique que l'enseignant doit rester attentif à l'emploi du matériel car la manipulation est nécessaire mais n'est pas la source d'apprentissage. Catherine Berdonneau (2006) rejoint cet avis, elle affirme : « *Le support de manipulation ne contient pas le savoir. Pour la plupart des enfants, la fréquentation de matériels et de jeux didactiques ne suffit pas pour qu'ils acquièrent les connaissances* », « *c'est grâce à la manière dont le maître exploite les supports de manipulation que l'élève va pouvoir assimiler la connaissance correspondante* ».

Ainsi, c'est l'enseignant qui détient en partie la clé pour éviter les dérives liées à la manipulation. Il convient d'expliquer aux élèves quand, comment et pourquoi utiliser un matériel, avant de les lancer dans l'activité de résolution de problème. Pour pallier au fait que les élèves jouent avec le matériel, il semble nécessaire de leur accorder un temps d'exploration libre en amont de l'activité. Il paraît également nécessaire d'établir des règles quant à son utilisation afin de permettre aux élèves de l'utiliser de la bonne manière. L'enseignant doit aussi fournir des explications aux élèves pour qu'ils reconnaissent la valeur abstraite de l'objet. Ensuite, lors de l'activité manipulatoire, il doit veiller à contrôler la façon dont l'objet est manipulé et doit inciter les élèves à réfléchir à voix haute, à verbaliser ce qu'ils font. C'est le fait de verbaliser qui fait la richesse de la manipulation.

Dans son interview, Pierre Eysseric (2017) constate que la vision de la manipulation est souvent très naïve : elle se réduirait à mettre des objets entre les mains des élèves et en les manipulant ils apprendraient comme par magie les mathématiques. Or, penser cela est dangereux car s'il n'y a pas de contraintes imposées à l'élève à un moment donné, on risque de l'enfermer dans le milieu matériel et ainsi l'empêcher d'accéder aux mathématiques. En outre, afin que l'élève ne devienne pas esclave du matériel et puisse passer au stade de l'abstraction, il va falloir bloquer progressivement l'accès au matériel. Pierre Eysseric ajoute qu'une fois le stade de l'abstraction atteint, il serait intéressant d'envisager un retour à la manipulation afin de valider les solutions trouvées. L'avantage serait de dire le vrai et le faux sans dépendre de l'adulte.

2 - Recherche expérimentale :

2.1 – Problématique et méthodologie de la recherche

Les apports théoriques ont su poser un certain nombre de questions quant à l'impact de la manipulation sur les apprentissages. *Avantages positifs ou négatifs ?* Nous tenterons de creuser la question en mettant en place une recherche sur l'influence de la manipulation lors de la résolution de problème. *La manipulation permettrait-elle d'étayer le passage délicat à l'abstraction ? Motiverait-elle les élèves et capterait-elle leur attention ? Amènerait-elle les élèves à effectuer des calculs de façon plus automatique et donc à être plus performants ?* En effet, les résultats accablants des enquêtes PISA dans le domaine mathématique nous questionnent sur l'intérêt de passer par des phases concrètes d'apprentissage et donc de manipulation avant d'accéder aux concepts abstraits. Le but de cette recherche est donc de mesurer l'influence de la manipulation sur l'attention, la motivation et la performance des élèves. Nous nous intéresserons particulièrement à l'attention soutenue.

La problématique de notre recherche est la suivante : « *Quels sont les effets de la manipulation lors de la résolution de problème en CE1, sur l'attention, la motivation et la performance ?* ».

À cette question, nous supposons les **trois hypothèses suivantes** :

- **Hypothèse 1 (H1)** : Le nombre de comportements inattentifs sera moins élevé dans la situation avec manipulation que dans la situation sans. Cet effet sera plus important chez les élèves non attentifs.
- **Hypothèse 2 (H2)** : Le degré de motivation sera plus élevé dans la situation avec manipulation que dans la situation sans. Cet effet sera plus important chez les élèves non attentifs.
- **Hypothèse 3 (H3)** : Le nombre d'erreurs lors de la résolution de problème sera moins élevé dans la situation avec manipulation que dans la situation sans. Cet effet sera plus important chez les élèves non attentifs.

En résumé, nous supposons que les élèves seront plus attentifs, plus motivés et plus performants pour résoudre des problèmes lorsqu'ils disposeront du matériel de manipulation, et que cet effet sera d'autant plus important chez les élèves non attentifs.

2.2 - Expérience

2.2.1 - Méthode

2.2.1.1 - Matériel

Afin de réaliser l'expérience, nous avons d'une part du matériel à disposition pour la passation des pré-tests et d'autre part pour la tâche de résolution de problème.

Concernant le matériel pour les pré-tests nous disposons d'un test de barrage de Zazzo (*annexe 2a*) et d'un test de résolution de problème (*annexe 2b*).

Pour la tâche de résolution de problème nécessitant l'utilisation du matériel de manipulation nous avons besoin :

- de cubes manipulables d'un format identique ;
- de crayons de papier et de gommes ;
- de quatre fiches d'activités différentes (format A4) où figurent quatre énoncés de problème d'un même niveau de difficulté ; dont deux problèmes sont de type additif et les deux autres de type soustractif (*annexes 4 et 5*).

➤ **Exemple de problème de type additif :** *Charlotte a 18 billes. Martin a 4 billes. Combien de billes ont Charlotte et Martin ensemble ?*

➤ **Exemple de problème de type soustractif :** *Léo et Juliette ont 17 bonbons ensemble. Juliette a 8 bonbons. Combien Léo a-t-il de bonbons ?*

Pour la tâche de résolution de problème sans manipulation, le matériel était le même hormis l'absence de cubes à manipuler.

Pour recueillir les données, nous disposions :

- d'une caméra et d'une grille d'observation des comportements inattentifs (*annexe 6*),
- d'un questionnaire de motivation relatif au support pédagogique (résolution de problème avec présence ou absence du matériel de manipulation) (*annexe 7*).

2.2.1.2 - Sujets

Cette expérience a été réalisée sur un échantillon de six élèves, composé d'une fille et de cinq garçons, d'âge moyen sept ans et de langue maternelle française. Ces six élèves étaient issus d'une classe de CE1 composée de dix-huit élèves (cinq filles et treize garçons). Sur les six élèves sélectionnés, trois étaient peu attentifs et bons en résolution de problème (*Elèves A, B et C*) et les trois autres étaient très attentifs et très bons en résolution de problème (*Elèves D, E et F*).

2.2.1.3 - Procédure

En amont de l'expérience, nous avons fait passer de manière individuelle, à tous les élèves de la classe, deux pré-tests : un test de résolution de problème et le test de barrage de Zazzo mesurant l'attention soutenue visuelle (*annexe 2a*). La passation de ces deux pré-tests nous a permis d'établir le groupe de six élèves sur lesquels concentrer nos observations.

La passation du test de Zazzo durait dix minutes. Sur une feuille A3, étaient présentés mille signes répartis en quarante lignes et vingt-cinq colonnes. La consigne suivante était donnée aux élèves « *Vous allez devoir réaliser un travail facile qui demande que vous soyez concentrés et que vous fassiez bien attention. Il s'agit de voir si vous travaillez vite et bien. Sur la feuille que je vais vous distribuer, il va falloir barrer deux sortes de signes en travaillant ligne par ligne et de gauche à droite* (montrer le modèle des signes à barrer : un carré avec une barre horizontale vers la gauche et un petit carré avec une barre oblique vers le bas à 45° sur la droite). *Si vous vous trompez, vous avez le droit de corriger* ». Lors de ce test l'élève pouvait commettre deux types d'erreurs : soit il barrait des cibles différentes de celles qu'il fallait barrer (signe révélateur d'une impulsivité), soit il omettait de barrer les bonnes cibles (signe révélateur d'une inattention). L'analyse des résultats a permis de sélectionner trois élèves très attentifs et trois élèves peu attentifs (*annexe 3*). Malgré un bon résultat au test de Zazzo, l'élève C a été sélectionné comme élève non attentif, sur la base d'observations faites en classe.

La passation du test du pré-test de résolution de problème durait également dix minutes. Au regard des résultats et de notre connaissance des compétences des élèves, nous faisons en sorte que les trois élèves très attentifs aient un très bon niveau de compétence dans la résolution de problème et que les trois élèves non attentifs aient un bon niveau de compétence dans la résolution de problème.

La recherche s'est déroulée sur deux semaines (les mardis et vendredis). Pour chaque séance, les élèves réalisaient la même activité de résolution de problème, au même moment et de manière individuelle. Chaque élève disposait d'un exemplaire de la fiche d'activité. Les fiches, composées de quatre énoncés de problème d'un même degré de difficulté, étaient différentes à chaque séance.

Les séances de résolution de problème duraient vingt minutes. Lors de la deuxième et de la troisième séance les élèves commençaient par étayer leurs recherches en manipulant des cubes mis à leur disposition. Ensuite ils devaient remplir la fiche d'activité en suivant la consigne suivante : « *Lisez attentivement l'énoncé et repérez les informations essentielles, représentez le problème par un schéma dans le cadre correspondant, puis écrivez le calcul qui vous permet de répondre à la question et rédigez la phrase réponse* ». Lors de la première et de la quatrième séance, les élèves ne bénéficiaient pas de la phase de manipulation de cubes et devaient directement remplir la fiche d'activité.

Enfin à la suite des quatre séances, les élèves devaient répondre de manière individuelle à un questionnaire de motivation. Il permettait de connaître le degré de motivation des élèves vis-à-vis de l'utilisation ou non du matériel de manipulation.

Au cours des quatre séances, nous avons disposé une caméra dans la salle de classe de façon à filmer les élèves en activité. Le visionnage des vidéos nous a permis par la suite de remplir la grille d'observation des comportements inattentifs (*annexe 6*) des six élèves désignés en amont de l'expérience.

Enfin, nous devions calculer le nombre de mauvaises réponses données par chaque élève aux problèmes pour déterminer le taux d'erreurs.

2.2.1.4 - Variables et plan expérimental

Dans cette expérience il y a deux variables indépendantes.

La première est le **type de support pédagogique**. Il s'agira de comparer deux supports pédagogiques.

- La résolution de situation de problème avec la présence de matériel de manipulation (cubes).
- La résolution de situation de problème en l'absence de matériel de manipulation (support papier/crayon).

Le **profil de l'élève** constitue la deuxième variable indépendante. On distingue deux profils.

- L'élève est très attentif et a un très bon niveau en résolution de problème.
- L'élève est peu attentif et a un bon niveau en résolution de problème.

Trois **variables dépendantes** permettront de recueillir les résultats pour cette expérience afin de comparer les deux dispositifs.

- La première correspond au **nombre de comportements inattentifs** lors de la résolution des problèmes. Ces comportements seront comptabilisés à l'aide d'une grille d'observation des comportements inattentifs (*annexe 6*) établie notamment à partir de la grille « *d'observation pour la classification et la description des comportements d'attention et d'inattention à la tâche des élèves* » de Laurier Fortin et Henri Mercier (1994). Les types de comportements inattentifs sont classés en trois domaines : rapport à la tâche, relation aux autres, posture.
 - **Rapport à la tâche** : *l'élève abandonne la réalisation de l'activité ; l'élève fait une activité autre que celle demandée.*
 - **Relation aux autres** : *l'élève bavarde sans rapport avec la tâche à réaliser ; l'élève dérange de façon verbale ou non un autre élève ; l'élève se laisse distraire (répond aux sollicitations sans rapport avec l'activité).*
 - **Posture** : *l'élève quitte l'endroit de l'activité ; l'élève s'agite (bruit avec les objets, avec des parties de son corps...) ; l'élève joue avec le matériel (les cubes) ; l'élève semble ailleurs.*

- **Le degré de motivation** par rapport à la résolution de calculs constitue la seconde variable. Le degré sera mesuré à partir d'un questionnaire de motivation (*annexe 8*) interrogeant les élèves sur leur support préférentiel pour résoudre des problèmes de type additif et soustractif (présence ou absence du matériel de manipulation).
- La troisième variable correspond **au nombre d'erreurs lors de la résolution de problème**. Lorsque l'élève donne une réponse fautive au problème, ceci est considéré comme une erreur. Le nombre d'erreurs est calculé en pourcentage.

L'expérience suit **un plan en groupe apparié**, tous les élèves réalisent les mêmes activités en même temps.

Les séances de résolution de problème sont contrebalancées. Lors de la première et de la quatrième séance, les élèves ne disposent pas du matériel de manipulation pour résoudre les problèmes alors qu'ils en disposent lors de la deuxième et de la troisième séance.

Les types de problème au sein des fiches d'activités sont également contrebalancés. Voici un tableau récapitulatif de la composition des fiches de résolution de problème, indiquant l'ordre d'apparition des problèmes :

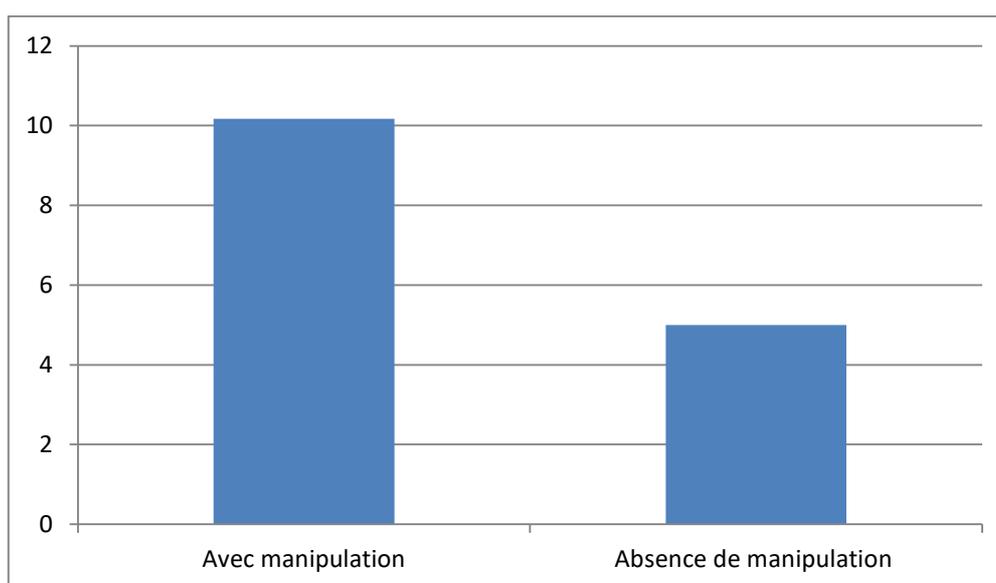
<i>Fiche n°1</i>	deux problèmes additifs - deux problèmes soustractifs
<i>Fiche n°2</i>	un problème additif - un problème soustractif – un problème additif - un problème soustractif
<i>Fiche n°3</i>	un problème soustractif - un problème additif – un problème soustractif - un problème additif
<i>Fiche n°4</i>	deux problèmes soustractifs - deux problèmes additifs

2.2.2 - Présentation et analyse des résultats

2.2.2.1 - Effet de la présence ou de l'absence de manipulation sur l'attention (effet principal)

Tableau 1 : Nombre moyen de comportements inattentifs en fonction du support utilisé

	Avec manipulation	Absence de manipulation
Nombre moyen de comportements inattentifs	10,17	5
Ecart-type	8,05	2,52



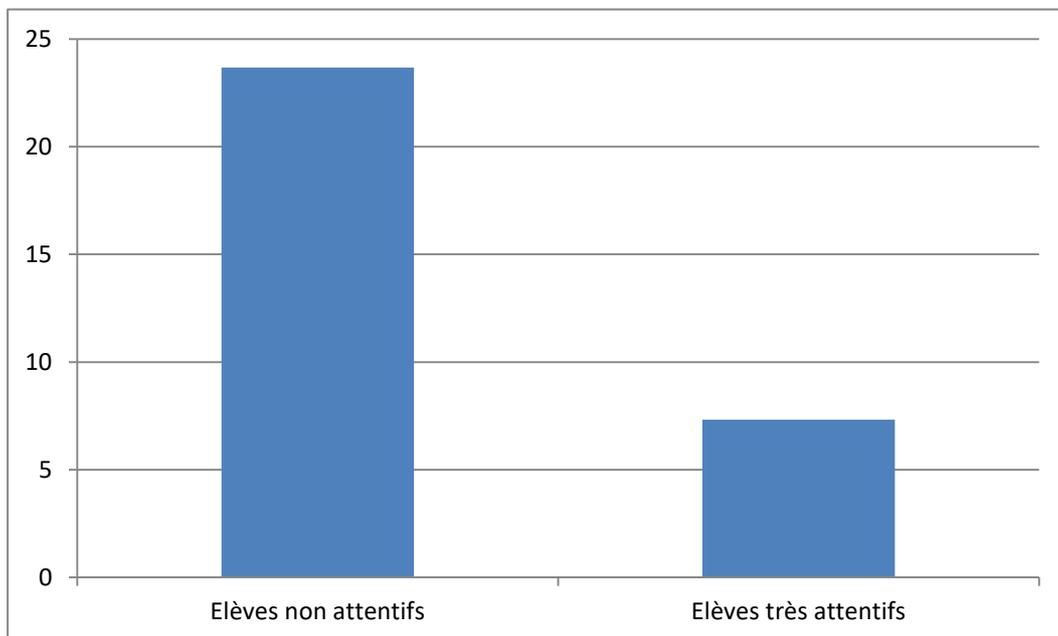
Graphique 1 : Nombre moyen de comportements inattentifs en fonction du support utilisé

On constate que le nombre de comportements inattentifs moyen est supérieur lorsque les élèves manipulent. Ce qui va à l'encontre de l'hypothèse de départ (H1), sous réserve d'un test statistique d'analyse des données.

2.2.2.2 - Effet du profil sur l'attention

Tableau 2 : Nombre moyen de comportements inattentifs en fonction du profil attentionnel

	Elèves non attentifs	Elèves très attentifs
Nombre moyen de comportements inattentifs	23,67	7,33
Ecart-type	7,36	3,40



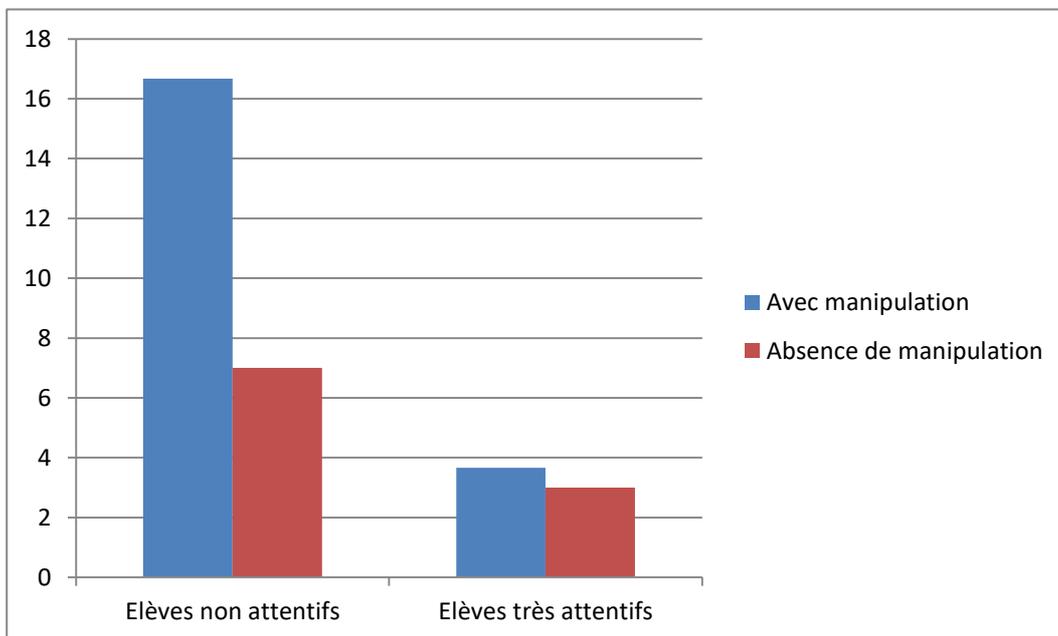
Graphique 2 : Nombre moyen de comportements inattentifs en fonction du profil attentionnel

Les élèves non attentifs ont un nombre moyen de comportements inattentifs supérieur aux élèves très attentifs. Cela confirme que la sélection des profils qui a été faite est pertinente.

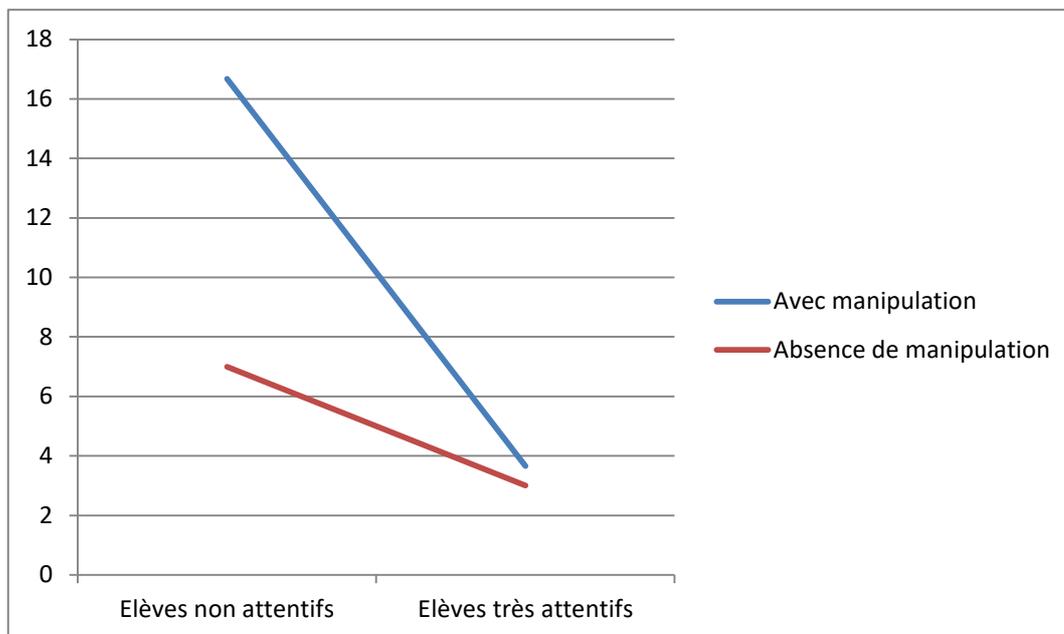
2.2.2.3 - Effet de la manipulation et du type de profil sur l'attention

Tableau 3 : Nombre moyen de comportements inattentifs en fonction du support utilisé et du profil attentionnel

Type de support Profil	Avec manipulation	Absence de manipulation
Elèves non attentifs <i>Nombre moyen de comportements inattentifs</i>	16,67	7
<i>Ecart-type</i>	<i>6,27</i>	<i>1,41</i>
Elèves très attentifs <i>Nombre moyen de comportements inattentifs</i>	3,66	3
<i>Ecart-type</i>	<i>2,49</i>	<i>1,63</i>



Graphique 3 : Nombre moyen de comportements inattentifs en fonction du support utilisé et du profil attentionnel



Graphique 4 : Nombre moyen de comportements inattentifs en fonction du support utilisé et du profil attentionnel

On constate que le nombre moyen de comportements inattentifs est supérieur lorsque les élèves manipulent, et que cet effet est beaucoup plus important chez les élèves non attentifs. Ces résultats ne vont pas dans le sens de l'hypothèse H1, sous réserve d'un test statistique d'analyse des données.

Il est important de souligner que l'écart-type pour la condition avec manipulation chez les élèves non attentifs est élevé. Nous reviendrons sur ce point au cours de la discussion.

2.2.2.4 - Effet de la présence ou de l'absence de la manipulation sur la motivation (analyses du questionnaire)

- **Question 1 : Est-ce que résoudre des problèmes en mathématiques te semble difficile ?**

	Oui	Non
Nombre d'élève	3	3

- **Question 2 : Explique pourquoi.**

	Elèves disant éprouver des difficultés	Elèves disant ne pas éprouver de difficultés
Justifications	<ul style="list-style-type: none"> - « <i>Je ne trouve pas toujours l'opération</i> » - « <i>C'est compliqué de calculer</i> » 	<ul style="list-style-type: none"> - « <i>Je révise bien</i> » - « <i>Ce sont des petits nombres</i> »

- **Question 3 : Avec quel support as-tu préféré chercher la réponse ?**

	Avec les cubes à manipuler	Sans les cubes à manipuler
Nombre d'élève	4	2

- **Question 4 : Explique pourquoi.**

	Elèves disant préférer avec manipulation	Elèves disant préférer sans manipulation
Justifications	<ul style="list-style-type: none"> - « <i>Ça m'aide à trouver la réponse</i> » - « <i>Pour mieux compter</i> » - « <i>Je vais plus vite</i> » 	<ul style="list-style-type: none"> - « <i>C'est plus facile sans les cubes</i> » - « <i>Je préfère compter dans ma tête</i> »

- **Question 5 : Est-ce que tu as eu l'impression d'être plus motivé à faire l'activité quand tu utilises les cubes à manipuler ?**

	Oui	Non
Nombre d'élève motivé	4	2

Analyse du questionnaire

L'analyse des réponses des six élèves a permis de révéler plusieurs points, que nous allons évoquer dans l'ordre des questions.

Questions 1 et 2 :

Tout d'abord, il est important de noter que les trois élèves affirmant ne pas éprouver de réelles difficultés lors de la résolution de problème, sont ceux qui ont un très bon niveau en résolution de problème et qui sont très attentifs. Les trois élèves qui semblent éprouver des difficultés sont ceux qui ont un bon niveau en résolution de problème et qui ne sont pas attentifs. Soulignons qu'il n'a pas été facile pour les élèves en difficulté de justifier pourquoi ils l'étaient. Il en ressort qu'ils ne trouvent pas toujours l'opération à réaliser et qu'il est compliqué pour eux de résoudre les calculs. A contrario, les élèves n'éprouvant pas de difficulté estiment qu'ils révisent bien (sous-entendu ils ont de bonnes connaissances) et qu'il est simple d'effectuer les calculs proposés car il s'agit de petits nombres.

Questions 3 et 4 :

Ensuite, sur les quatre élèves ayant préféré résoudre les problèmes en manipulant les cubes, trois sont ceux disant éprouver des difficultés. Ils justifient cette préférence par le fait que cela les aide à trouver la solution, à mieux compter et à résoudre plus rapidement les problèmes. Nous constatons que la quatrième élève est une élève qui disait ne pas éprouver de difficultés en résolution de problème, pourtant elle affirme tout de même préférer manipuler les cubes pour répondre au problème. Cela met en avant les propos de Pierre Eysseric (2017) : « *la manipulation est une nécessité pour tous les élèves afin de se représenter les situations, et non seulement pour les élèves éprouvant des difficultés* ». Les deux élèves préférant résoudre les problèmes sans les cubes à manipuler, sont ceux qui affirment ne pas

éprouver de difficulté en résolution de problème. Pour eux, il semble plus facile de compter dans leur tête plutôt qu'en s'aidant des cubes. Ce point nous montre que ces élèves ont atteint la phase que Catherine Berdonneau (2006) appelle « *phase de représentation mentale* » et que la « *phase d'action* » ne leur est plus utile. Ils ont atteint le stade de l'abstraction : ils sont capables de se représenter mentalement la situation de problème et d'y répondre.

Question 5 :

Enfin, notons que les quatre élèves qui ont dit préférer réaliser l'activité en manipulant les cubes sont également ceux qui disent être plus motivés à faire l'activité en condition manipulation.

En conclusion, les analyses de questionnaires montrent que sur les six élèves, ce sont ceux qui semblent éprouver le plus de difficulté dans la résolution de problème qui semblent être les plus motivés à manipuler. Il s'agit des élèves non-attentifs. Par ailleurs, une élève avec un très bon niveau en résolution de problème et un très bon niveau d'attention, affirme également être plus motivée en condition manipulation.

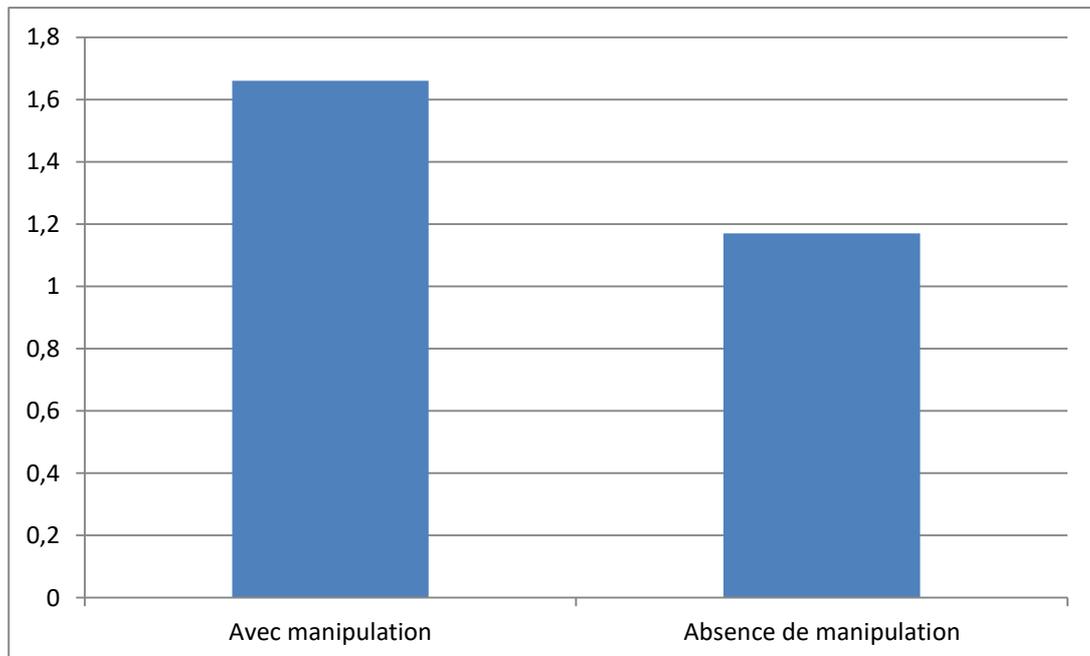
A cette analyse de questionnaires, nous pouvons confronter les observations faites lors du remplissage de la grille des comportements inattentifs. Aucun élève n'a eu de comportements inattentifs lié au domaine « *rapport à la tâche* » : ils n'ont pas abandonné la réalisation de l'activité ou fait une activité autre que celle demandée quelle que soit la condition. Cela montre bien que tous les élèves étaient engagés dans la tâche. Ainsi, nous pouvons dire que même les élèves ayant un très bon niveau en résolution de problème et étant très attentifs ne seront pas plus motivés en condition manipulation qu'en condition sans, tout simplement parce que quoi qu'il arrive, ils montreront toujours une certaine motivation à résoudre des problèmes, quel que soit le support.

Ainsi, on constate que le degré de motivation est plus élevé dans la situation manipulation que dans la situation sans, notamment pour les élèves non attentifs. Ces résultats valident en partie l'hypothèse H2, sous réserve d'un test statistique d'analyse des données.

2.2.2.5- Effet de la présence ou de l'absence de la manipulation sur la performance

Tableau 4 : Nombre moyen d'erreurs en fonction du support utilisé

	Avec manipulation	Absence de manipulation
Nombre moyen d'erreurs	1,66	1,17
Ecart-type	0,76	0,69



Graphique 4 : Nombre moyen d'erreurs en fonction du support utilisé

On constate que le nombre moyen d'erreurs lors de la résolution de problème est supérieur lorsque les élèves manipulent.

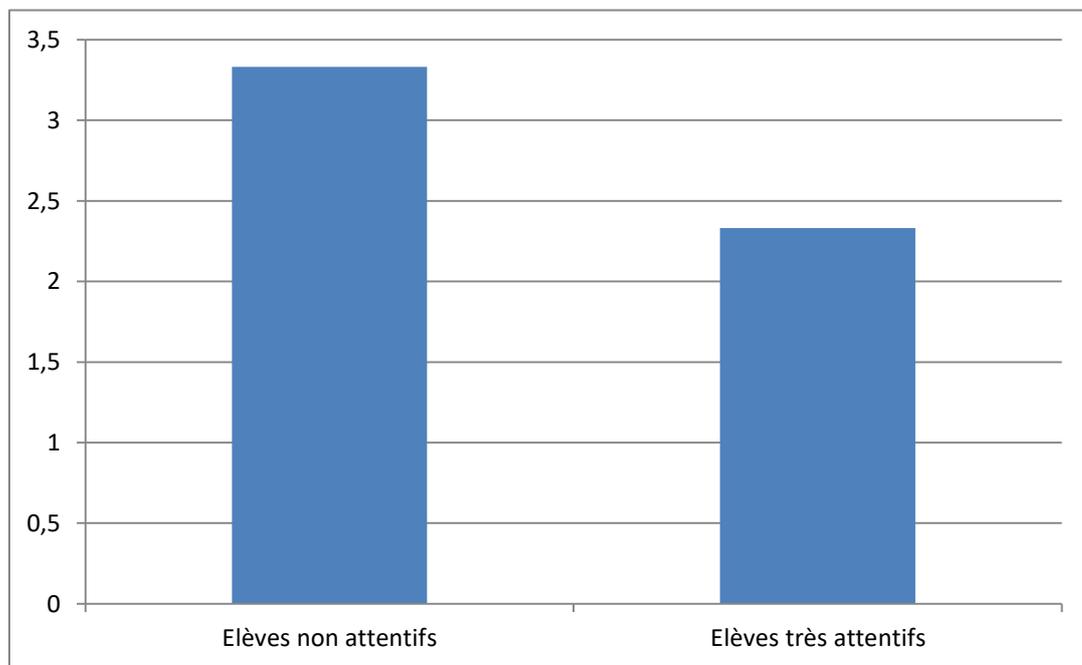
Notons que la différence de performance entre les deux types de supports est peu importante.

Ces résultats ne vont pas dans le sens de l'hypothèse H3, sous réserve d'un test statistique d'analyse des données.

2.2.2.6 - Effet du profil sur la performance

Tableau 5 : Nombre moyen d'erreurs en fonction du type de profil

	Elèves non attentifs	Elèves très attentifs
Nombre moyen d'erreurs dans la résolution de problème	3,33	2,33
Ecart-type	1,25	0,47



Graphique 5 : Nombre moyen d'erreurs en fonction du type de profil

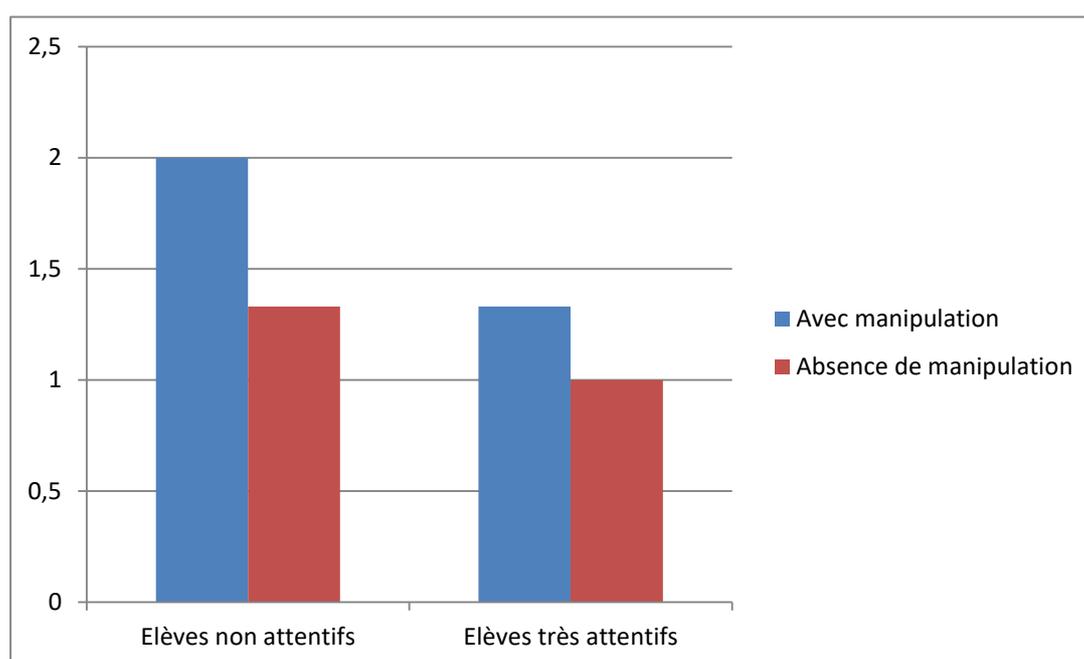
On constate que les élèves non attentifs ont un nombre moyen d'erreurs dans la résolution de problème supérieur aux élèves très attentifs.

Cela confirme que la sélection des profils qui a été réalisée est pertinente puisque les élèves très attentifs sont également très bons en résolution de problème et que les élèves non attentifs sont bons en résolution de problème.

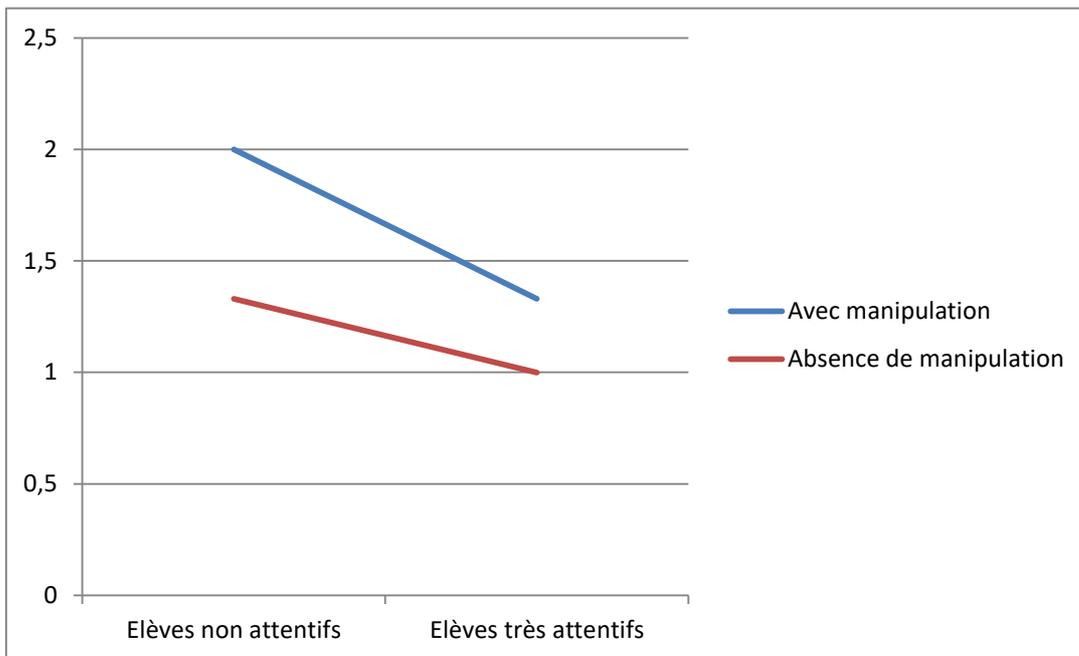
2.2.2.7 - Effet de la manipulation et du profil sur la performance

Tableau 6 : Nombre moyen d'erreurs en fonction du type de support utilisé et du profil attentionnel

Type de support Profil	Avec manipulation	Absence de manipulation
Elèves non attentifs		
Nombre moyen d'erreurs	2	1,33
Ecart-type	0,82	0,47
Elèves très attentifs		
Nombre moyen d'erreurs	1,33	1
Ecart-type	0,47	0,82



Graphique 6 : Nombre moyen d'erreurs en fonction du type de support utilisé et du profil attentionnel



Graphique 7 : Nombre moyen d’erreurs en fonction du type de support utilisé et du profil attentionnel

On constate que le nombre moyen d’erreur lors de la résolution de problème est supérieur lorsque les élèves manipulent, et que cet effet est un peu plus important chez les élèves non attentifs.

Notons que la différence de performance entre les deux profils est peu importante et que pour chaque profil, la différence de performance entre les deux supports est également peu importante.

Ces résultats ne vont pas dans le sens de l’hypothèse H3, sous réserve d’un test statistique d’analyse des données.

2.2.3 – Discussion

L'enjeu de cette recherche était de mesurer l'influence de la manipulation sur l'attention, la motivation et la performance, lors de la résolution de problème.

Pour commencer, les résultats obtenus ne permettent pas de valider la première hypothèse et montrent au contraire que le nombre de comportements inattentifs est plus élevé dans la situation avec manipulation que dans la situation sans, et que cet effet est beaucoup plus important chez les élèves non attentifs.

Ensuite, cette recherche ne permet pas non plus de valider la troisième hypothèse puisqu'elle montre que le nombre d'erreurs lors de la résolution de problème est plus élevé dans la situation avec manipulation que dans la situation sans, et que cet effet est un peu plus important chez les élèves non attentifs. Lorsque l'on regarde les résultats de plus près, nous observons que la différence de performance entre les deux profils est peu importante et que pour chaque profil, la différence de performance entre les deux supports est également peu importante. Ces remarques nous amènent à nuancer les résultats.

Enfin, cette recherche permet de valider en partie la deuxième hypothèse puisqu'elle montre que le degré de motivation est plus élevé dans la situation avec manipulation que dans la situation sans, notamment pour les élèves non attentifs. Ce support semble les motiver, notamment car il est rassurant : il aide à trouver plus facilement la solution, à mieux compter et à résoudre plus rapidement les problèmes. En revanche, nous n'avons pu clairement montrer que les élèves très attentifs et très performants sont également plus motivés lorsqu'ils manipulent, notamment car ils semblent avoir atteint la phase d'abstraction et que la manipulation ne leur est pas indispensable. Cette étude nous amène à penser que les élèves très attentifs et très bons en résolution de problème montreront toujours une certaine motivation à réaliser la tâche, et ce quel que soit le support.

En résumé, notre recherche montre que lors d'une tâche de résolution de problème avec manipulation, les élèves sont plus motivés, moins attentifs et moins performants. Les résultats soulignent également que ces effets sont plus importants chez les élèves non attentifs.

Les résultats obtenus dépendent essentiellement des sujets et de la situation proposée, il semble alors important de ne pas tirer de conclusion précoce et d'analyser la recherche de plus près afin de voir si celle-ci présente des biais.

Dans un premier temps, nous trouvons nécessaire d'expliquer pourquoi les écarts-types au sein du groupe d'élèves non attentifs sont élevés. Pour cela, nous allons faire une analyse plus fine des résultats de l'élève B. Dans un second temps, nous nous interrogerons sur les conditions de mise en place de notre expérimentation et évoquerons des perspectives envisageables pour l'améliorer si elle était à reproduire.

2.2.3.1– Analyse des résultats de l'élève B

Lors de la présentation des résultats, nous avons notamment noté que l'écart-type des moyennes des comportements inattentifs, pour la condition avec manipulation, chez les élèves non attentifs était élevé (*tableau 3*). Rappelons que l'écart-type sert à mesurer la dispersion d'un ensemble de valeurs autour de leur moyenne. Plus l'écart-type est élevé, plus les élèves sont hétérogènes. Ainsi, il paraît nécessaire d'étudier plus en détail les résultats de l'élève B qui expliqueraient l'hétérogénéité de ce groupe d'élèves.

Pour rappel, l'élève B est un élève bon en résolution de problème et non attentif. La situation avec manipulation a induit chez cet élève un nombre plus important de comportements inattentifs que chez ses deux autres camarades (Elèves A et C). Dans un souci de clarté, voici le nombre de comportements inattentifs total de ces élèves en fonction du support :

	Avec manipulation	Sans manipulation
Elève A	15	8
Elève B	25	8
Elève C	10	5

Nous relevons pour l'élève B, un nombre total de vingt-cinq comportements inattentifs lors des séances avec manipulation, contre huit lors des séances sans manipulation. Les comportements inattentifs relevés étaient notamment en lien avec deux domaines : relations aux autres et posture (*voir annexe 6*). Pour la situation avec manipulation, les élèves disposaient de cubes qui avaient la

particularité d'être emboitables. Suite à nos observations, nous avons remarqué qu'il arrivait parfois à l'élève B d'emboîter et déboîter les cubes, sans référence à la situation de problème proposée. Le comportement de cet élève illustre une des dérives évoquée lors des apports théoriques : la manipulation peut parfois être perçue comme un jeu. Pourtant, il est important de noter que les élèves avaient été familiarisés en amont avec le matériel proposé. Nous supposons donc que cet élève n'a pas été assez étayé quant aux stratégies à adopter lors de la manipulation puisqu'il a semblé manquer d'organisation lors de son raisonnement. En effet, lors des problèmes additifs par exemple, les autres élèves réalisaient souvent deux tas distincts symbolisant les deux termes puis ils les regroupaient et formaient des dizaines et unités pour compter plus facilement. L'élève B avait quant à lui tendance à emboîter tous les cubes ensemble et donc faire un empilement des deux collections. Ainsi, l'empilement était volumineux et cela l'a tenté à jouer. Cela a également nuit à sa performance puisqu'il n'arrivait pas facilement à dénombrer les cubes.

Ces observations prouvent bien que les enseignants doivent être vigilants lorsqu'ils mettent en place une situation de manipulation, en définissant pour tous les règles quant à la manipulation et en recentrant les élèves sur l'objectif à atteindre.

Outre l'étude particulière de cet élève qui amène à relativiser les résultats. Nous nous interrogeons sur plusieurs points quant aux conditions de cette expérimentation, ce qui nous amène à évoquer ses limites et les perspectives envisageables si elle était à reproduire.

2.2.3.2 – Les limites de l'expérimentation et les perspectives envisageables

Tout d'abord, notons que cette étude a été menée sur six élèves seulement. Il est donc important de ne pas généraliser ces résultats à l'ensemble de la population scolaire. Pour plus de fiabilité, il serait nécessaire de reproduire cette recherche sur un plus grand nombre d'individus afin de s'assurer de la reproductibilité des résultats. Il serait également intéressant de l'étendre et de l'adapter aux deux autres cycles. De plus, cette recherche s'est déroulée seulement sur quatre séances et pour obtenir des résultats plus solides, il serait bon de mettre en place un plus grand nombre de séances. Ceci permettrait de voir à plus long terme si les résultats vont dans le même sens que ceux obtenus.

Par ailleurs, nous nous interrogeons sur la pertinence de la situation proposée aux élèves. En effet, nous avons proposé aux élèves deux types de problèmes : additifs et soustractifs (*annexe 1*). Nous avons observé au cours de cette expérience que les situations proposées ont été comprises de tous, nous n'avons pas noté de raisonnement aberrant. La manipulation ne semblait pas représenter un intérêt pour tous. Ainsi, si l'expérience était à refaire, nous proposerions des problèmes plus complexes, qui demanderaient un plus gros effort de résolution et qui nous supposons, pousseraient les élèves à s'investir davantage dans les manipulations pour rendre plus concrètes les situations proposées. Les problèmes choisis seraient des problèmes :

- **multiplicatifs** (exemple : « *Anne a vendu 5 cageots de 8 salades. Combien de salades a-t-elle vendues en tout ?* »)
- **de groupement** (exemple : « *La fleuriste a reçu 38 roses. Combien de bouquets de 5 roses peut-elle faire ? Combien de roses reste-t-il ?* »)
- **de partage** (« *Trois enfants se partagent 20 bonbons. Quelle est la part de chacun ? Reste-t-il des bonbons à la fin du partage ?* »)

Nous serions amenés à modéliser les situations avec un matériel différent : des jetons et des gobelets. Peut-être pourrions-nous en déduire que la manipulation représente un plus grand intérêt pour un type de problème en particulier, et également pour un type d'élève en particulier.

D'autre part, notons que les élèves devaient réaliser la tâche sans verbaliser leur raisonnement. L'enseignant n'a effectué aucune intervention au cours de l'activité et les interactions entre pairs n'étaient pas autorisées. Or, au regard des apports théoriques, faire verbaliser les élèves lors de la manipulation est quelque chose d'essentiel. Cela permettrait entre autre qu'ils s'investissent davantage et qu'ils ne perdent pas de vue le sens de l'activité. L'étude mise en place pourrait également être approfondie en ce sens, en permettant aux élèves de s'exprimer sur ce qu'ils font au cours de l'activité. Tout en comparant les deux dispositifs (avec ou sans manipulation), nous pourrions donc envisager l'expérience de la façon suivante :

- Dans un premier temps laisser l'élève se confronter individuellement au problème.
- Puis dans un second temps, amener les élèves à travailler en binôme au moment de la recherche de façon à favoriser les échanges.
- Et dans un troisième temps, prévoir une mise en commun des résultats, de manière à expliciter les stratégies de résolution de chaque binôme et les confronter entre elles.

En outre, il serait également intéressant d'élaborer un questionnaire à destination des enseignants de façon à récolter leurs représentations sur l'intérêt de la manipulation : *utilisent-ils la manipulation ? Dans quels domaines et avec quel matériel ? Pour quel type d'élève ? Quel rôle semble présenter la manipulation ? A-t-elle des limites ?...*

2.2.4 – Conclusion

Face à l'engouement autour de la méthode de Singapour, nous avons voulu analyser de plus près l'influence de la manipulation sur l'attention, la motivation et la performance lors de la résolution de problème. Pour cela nous avons comparé deux conditions : la résolution de problèmes avec manipulation et sans (support papier/crayon). L'étude a été menée sur un échantillon de six élèves de CE1 dont trois étaient très attentifs et très bons en résolution de problème et trois étaient non attentifs et bon en résolution de problème.

A l'issue de cette recherche, nous avons conclu que lors d'une tâche de résolution de problème, les élèves étaient plus motivés, moins attentifs et moins performants, lorsque celle-ci s'effectuait en condition manipulation par rapport à une condition sans manipulation, et que cet effet était plus important chez les élèves non-attentifs. Toutefois, la discussion de ces résultats a permis de les relativiser.

En effet, même si nos résultats ne vont pas dans le sens des hypothèses de départ et ne montrent pas les bénéfices de la manipulation, nous ne dévalorisons pas pour autant son intérêt dans le processus d'apprentissage. Notons d'ailleurs que nos résultats vont à l'encontre de ceux de Fulya Yilmaz (2015), qui avait montré que la manipulation permettait à des élèves de 3ème d'être plus motivés, plus attentifs et plus performants lors d'une activité en sciences de la vie et de la terre (sur la substance composant le chromosome).

D'après notre étude, nous constatons toutefois que les élèves non attentifs sont plus motivés à réaliser la tâche lorsqu'ils manipulent. Ce point prouve que le support a su les intéresser et qu'ils ont trouvé davantage ludique de résoudre les problèmes en s'aidant des cubes.

Toutefois, cette recherche a su nous alerter sur l'importance :

- d'établir des règles quant à l'utilisation du matériel de manipulation
- de fournir des explications quant à la valeur abstraite des objets à manipuler, de sorte qu'ils ne soient pas manipulés pour ce qu'ils sont eux-mêmes
- de recentrer les élèves sur l'objectif au cours d'une activité
- de permettre aux élèves de verbaliser leur raisonnement

Cette étude nous a permis de comprendre qu'en fonction du profil de l'élève et du type de problème posé, la manipulation n'a pas la même utilité pour tous. En effet, il ne faut pas oublier que chaque élève est unique et évolue à son rythme. Les élèves n'ont donc pas les mêmes besoins au même moment et c'est à l'enseignant d'adapter sa pratique dans le but de répondre au mieux aux besoins de chacun. Il semble donc très important d'adapter les supports pédagogiques aux besoins des élèves, et ceci dans tous les domaines d'apprentissage. A ce propos, il serait intéressant de réaliser une étude comparative sur l'influence de la manipulation dans plusieurs domaines (mathématiques, français, anglais, sciences...), afin de voir si elle représente des intérêts dans des domaines plutôt que dans d'autres.

BIBLIOGRAPHIE

- Albaret, J.M. (2004). L'évaluation des processus attentionnels et de l'impulsivité. In C. Billard et al. (Eds.), *L'état des connaissances. Livret 6 : Attention Mémoire* (pp. 31-33). Paris : Signes éditions.
- Berdonneau, C., & de Montmorency, C. (2006). De l'importance des gestes pour l'apprentissage des concepts mathématiques.
- Beyer, C. (2016). *Mathématiques et sciences : les écoliers français en chute libre* [en ligne]. Disponible sur <http://www.lefigaro.fr/actualite-france/2016/11/29/01016-20161129ARTFIG00170-mathematiques-et-sciences-les-ecoliers-francais-en-chute-libre.php>. (consulté le 25.04.17).
- Boujon, C., & Quaireau, C. (1997). *Attention et réussite scolaire*. Paris : Dunod.
- Boujon, C., Gaux, C., Greff, E., Iralde, L., Lainé, A., Pagoni-Andreani, M., Perraudeau, M., Pulido, L., & Weil-Barais, A. (2004). *Les apprentissages scolaires*. Rosny-sous-bois : Bréal.
- Boule, F. (1985). *Manipuler, organiser, représenter: prélude aux mathématiques*. Paris : A. Colin.
- Carbonneau, K. J., & Marley, S. C. (2015). Instructional guidance and realism of manipulatives influence preschool children's mathematics learning. *The Journal of Experimental Education*, 83(4), 495-513.
- Cardineau, A. (2016). *L'influence des supports pédagogiques sur l'attention des élèves en géométrie spatiale* (Mémoire de maîtrise des métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation mention premier degré). Université de Poitiers.
- Charnay, R., & Hervé, P. (2005). *La Résolution de problèmes arithmétiques à l'école*. Paris : Hatier.
- Charnay, R. (2013). *Comment enseigner les nombres entiers et la numération décimale ? De la PS au CM2*. Paris : Hatier.
- De Vecchi, G., & Carmona-Magnaldi, N. (2015). *Faire vivre de véritables situations-problèmes*. Hachette éducation.

- Favre, D. (2010). *Comment cesser de démotiver les élèves ? 18 clés pour favoriser l'apprentissage*. Paris, France : Dunod.
- Fortin, L., & Mercier, H. (1994). Liens entre la participation des parents à l'école et les comportements de leur enfant en classe du primaire. *Revue des sciences de l'éducation*, 20(3), 513-527.
- Fulya Y. (2015). *L'impact de la manipulation sur l'attention, la motivation et la performance des élèves de 3ème* (Mémoire de maîtrise des métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation mention second degré). Université de Poitiers.
- Gentaz, E., Bara, F., Palluel-Germain, R., Pinet, L., & Hillairet de Boisferon, A. (2009). Apports de la modalité haptique manuelle dans les apprentissages scolaires (lecture, écriture et géométrie). *Cahiers Romains de Sciences Cognitives, In Cognito*, 1-38.
- Hervé, P. (2005). *Hatier Pédagogie - La résolution de problèmes arithmétiques à l'école*. Hatier.
- Lapp, D. (2006). *Améliorez votre mémoire à tout âge*. Paris : Dunod.
- Leconte, C. (2005). *L'attention est-elle éduicable ?*. ANAE. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, (82), 108-112.
- Le Point, (2016). *La méthode de Singapour est-elle le Graal pour apprendre les maths ?*[en ligne]. Disponible sur : <http://www.lepoint.fr/societe/la-methode-de-singapour-est-elle-le-graal-pour-apprendre-les-maths-29-11-2016-2086534_23.php>. (consulté le 25.04.17).
- Vergnaud, G. (1991). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10, 2-3, pp.135-169.
- Vieira, A. (2013). *Attention et pédagogie* (Mémoire de maîtrise des métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation mention 1er degré). Université du Nord Pas de Calais, Villeneuve.

Sitographie :

- Interview de Pierre Eysseric par Patrick Rayou de Être prof (2017). *La manipulation en maths, oui ou non. Vous en pensez quoi ?* Disponible sur : < <http://www.cahiers-pedagogiques.com/La-manipulation-en-maths-oui-ou-non-Vous-en-pensez-quoi> > (consulté le 09/04/18).

Tables des annexes

Annexe 1 : Problème de composition de mesures

Annexe 2 : Pré – tests

Annexe 3 : Résultats au pré-test de Zazzo

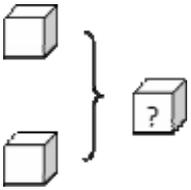
Annexe 4 : Fiche n°4 de résolution de problème

Annexe 5 : Fiche n°4 de résolution de problème (exemplaire de l'élève D)

Annexe 6 : Grille d'observation des comportements inattentifs

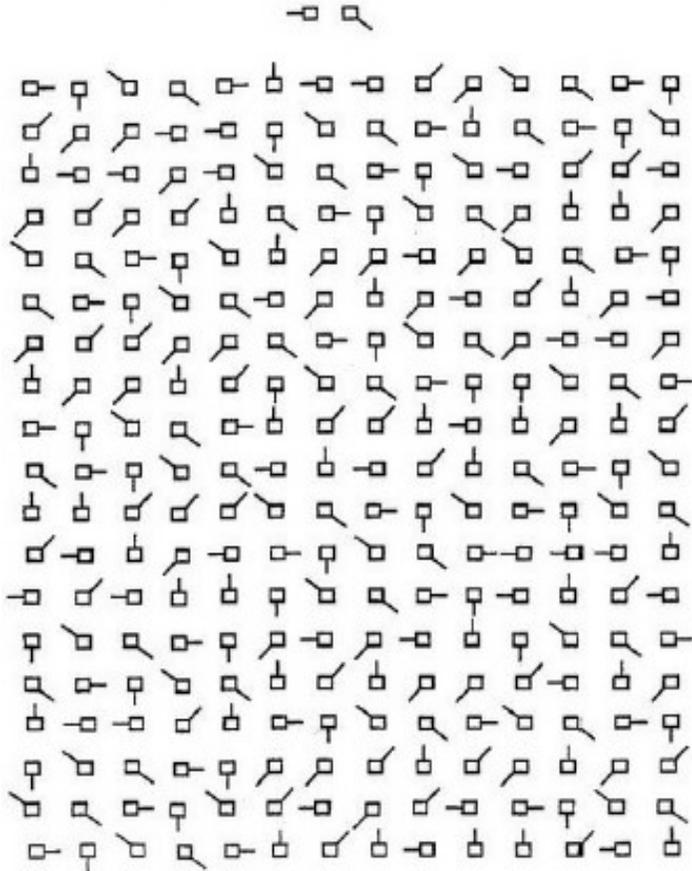
Annexe 7 : Questionnaire de motivation par rapport à la manipulation

Annexe 1 : Problème de composition de mesures

Problème de composition de mesures	
De type additif	De type soustractif
Recherche de la composée de deux états	Recherche d'un état connaissant un second état et la composée des deux états.
	
<p>« Charlotte a 18 billes. Martin a 4 billes. Combien de billes ont Charlotte et Martin ensemble? »</p>	<p>« Léo et Juliette ont 17 bonbons ensemble. Juliette a 8 bonbons. Combien Léo a-t-il de bonbons ? »</p>

Annexe 2 : Pré – tests

a) Test de barrage de Zazzo



b) Pré-test de résolution de problème

Arthur possède 6 voitures miniatures et Maxime en possède 15.
Combien de voitures possèdent Arthur et Maxime ensemble ?



Ecris l'opération :

Ecris la phrase réponse :

.....

Julie et Amandine ont acheté 23 macarons. Julie en a mangé 8.
Combien reste-t-il de macarons ?



Ecris l'opération :

Ecris la phrase réponse :

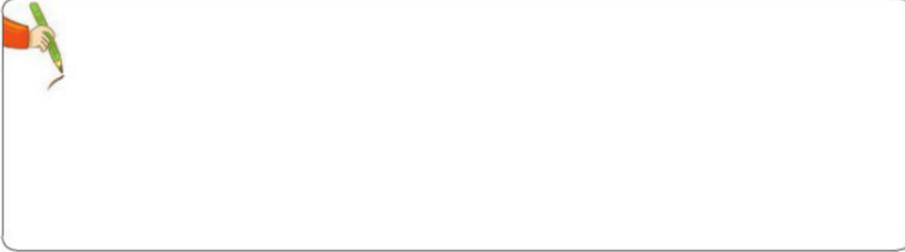
.....

Annexe 3 : Résultats au pré-test de Zazzo

	Résultats du test de Zazzo	Sélectionnés comme :
Elève A	0,224	Elèves peu attentifs
Elève B	0,109	
Elève C	0,021	
Elève D	0,040	Elèves très attentifs
Elève E	0,073	
Elève F	0,087	

Annexe 4 : Fiche n°4 de résolution de problème

- 1) Louise et Gabriel ramassent 19 feuilles. Louise en prend 12.
Combien reste-il de feuilles pour Gabriel ?



Ecris l'opération :

Ecris la phrase réponse :

.....

- 2) Jade et Jim ramassent 35 pâquerettes. Jade décide d'en prendre 21.
Combien reste-t-il de pâquerettes pour Jim ?



Ecris l'opération :

Ecris la phrase réponse :

.....

- 3) Tim a 16 toupies. Sarah a 9 toupies.
Combien de toupies ont Tim et Sarah ensemble ?



Ecris l'opération :

Ecris la phrase réponse :

.....

- 4) Marc possède 12 balles. Clémence possède 16 balles.
Combien de balles ont Marc et Clémence ensemble ?



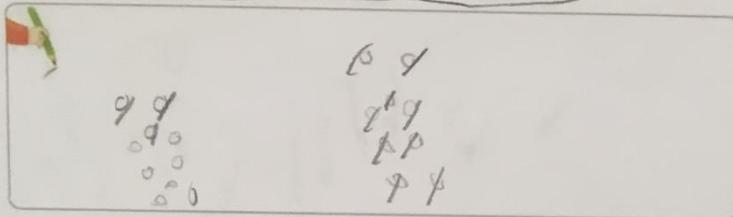
Ecris l'opération :

Ecris la phrase réponse :

.....

Annexe 5 : Fiche n°4 de résolution de problème (exemplaire de l'élève D)

1) Louise et Gabriel ramassent 19 feuilles. Louise en prend 12.
Combien reste-t-il de feuilles pour Gabriel ?

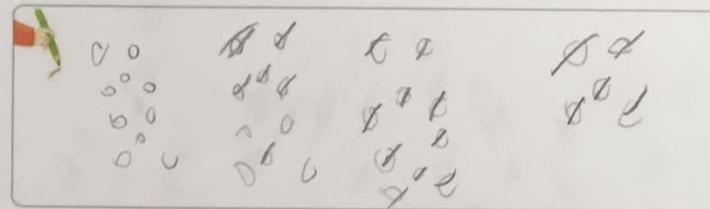


Ecris l'opération : $19 - 12 = 7$

Ecris la phrase réponse :

Il reste sept feuilles pour Gabriel.

2) Jade et Jim ramassent 35 pâquerettes. Jade décide d'en prendre 21.
Combien reste-t-il de pâquerettes pour Jim ?

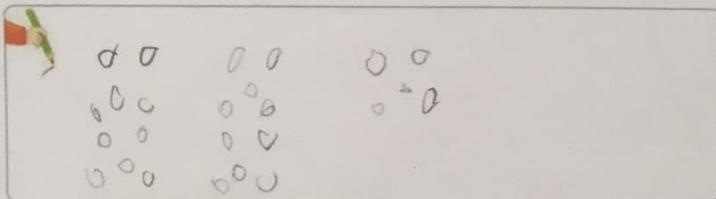


Ecris l'opération : $35 - 21 = 14$

Ecris la phrase réponse :

Jim a 14 pâquerettes.

3) Tim a 16 toupies. Sarah a 9 toupies.
Combien de toupies ont Tim et Sarah ensemble ?

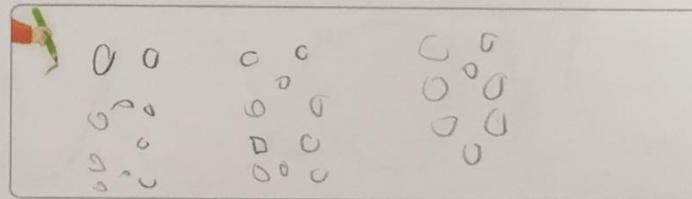


Ecris l'opération : $16 + 9 = 25$

Ecris la phrase réponse :

Tim et Sarah ont 25 toupies ensemble.

4) Marc possède 12 balles. Clémence possède 16 balles.
Combien de balles ont Marc et Clémence ensemble ?



Ecris l'opération : $12 + 16 = 28$

Ecris la phrase réponse :

Marc et Clémence ont 28 balles ensemble.

Annexe 6 : Grille d'observation des comportements inattentifs

Domaines concernés	Type de support Indicateurs d'inattention	Élève A		Élève B	
		avec manipulation (séances 2 et 3)*	sans manipulation (séances 1 et 4)*	avec manipulation	sans manipulation
Rapport à la tâche	<i>L'élève abandonne la réalisation de l'activité</i>				
	<i>L'élève fait une activité autre que celle demandée</i>				
Relation aux autres	<i>L'élève bavarde sans rapport avec la tâche à réaliser</i>				
	<i>L'élève dérange de façon verbale ou non un autre élève</i>	3		8	2
	<i>L'élève se laisse distraire (répond aux sollicitations sans rapport avec l'activité)</i>	6	1	3	1
Posture	<i>L'élève quitte l'endroit de l'activité</i>				
	<i>L'élève s'agite (bruit des parties de son corps...)</i>	1	1	5	3
	<i>L'élève joue avec le matériel (cubes, stylo...)</i>	1		6	
	<i>L'élève semble ailleurs</i>	4	6	3	2
Nombre de comportements inattentifs		15	8	25	8

*Sur cette grille, ont été ajouté le nombre de comportements inattentifs des séances 2 et 3 d'un côté (séances avec manipulation), et des séances 1 et 4 de l'autre (séances sans manipulation).

Domaines concernés	Type de support Indicateurs d'inattention	Élève C		Élève D	
		avec manipulation	sans manipulation	avec manipulation	sans manipulation
Rapport à la tâche	<i>L'élève abandonne la réalisation de l'activité</i>				
	<i>L'élève fait une activité autre que celle demandée</i>				
Relation aux autres	<i>L'élève bavarde sans rapport avec la tâche à réaliser</i>				
	<i>L'élève dérange de façon verbale ou non un autre élève</i>	2			
	<i>L'élève se laisse distraire (répond aux sollicitations sans rapport avec l'activité)</i>	2	1	1	1
Posture	<i>L'élève quitte l'endroit de l'activité</i>				
	<i>L'élève s'agite (bruit avec les objets, avec des parties de son corps...)</i>	3	2		
	<i>L'élève joue avec le matériel (cubes, stylo...)</i>	2			
	<i>L'élève semble ailleurs</i>	1	2		
Nombre de comportements inattentifs		10	5	1	1

Domaines concernés	Type de support Indicateurs d'inattention	Élève E		Élève F	
		avec manipulation	sans manipulation	avec manipulation	sans manipulation
Rapport à la tâche	<i>L'élève abandonne la réalisation de l'activité</i>				
	<i>L'élève fait une activité autre que celle demandée</i>				
Relation aux autres	<i>L'élève bavarde sans rapport avec la tâche à réaliser</i>				
	<i>L'élève dérange de façon verbale ou non un autre élève</i>	3		1	3
	<i>L'élève se laisse distraire (répond aux sollicitations sans rapport avec l'activité)</i>	2	4	1	
Posture	<i>L'élève quitte l'endroit de l'activité</i>				
	<i>L'élève s'agite (bruit avec les objets, avec des parties de son corps...)</i>			1	
	<i>L'élève joue avec le matériel (cubes, stylo...)</i>				
	<i>L'élève semble ailleurs</i>	2	1		
Nombre de comportements inattentifs		7	5	3	3

Annexe 7 : Questionnaire de motivation par rapport à la manipulation

**1) Est-ce que résoudre des problèmes en mathématiques te semble difficile ?
(Entoure la réponse)**

Oui – Non

2) Explique pourquoi.

.....
.....

3) Avec quel support as-tu préféré chercher la réponse ? (Entoure la réponse)

Avec les cubes à manipuler – Sans les cubes à manipuler

4) Explique pourquoi tu préfères ce support.

.....
.....

5) Est-ce que tu as eu l'impression d'être plus motivé à faire l'activité quand tu utilises les cubes à manipuler ? (Entoure la réponse)

Oui – Non