

MASTER

METIERS DE L'ÉDUCATION, DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA FORMATION

Mention	Parcours
PREMIER DEGRÉ	M2A – PROFESSEUR DES ÉCOLES STAGIAIRE
Site de formation :	ALBI

MEMOIRE

LE RÔLE DE LA MANIPULATION DANS LA MÉMORISATION DES PROCÉDURES

Ouahab Melvyn

Directeur-trice de mémoire	Co-directeur-trice de mémoire
MONTOYA Jacques	GERMANN Benjamin
Membres du jury de soutenance :	
- MONTOYA Jacques - GERMANN Benjamin - -	
Soutenu le 18/06/2019	

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CADRE THÉORIQUE.....	3
1. LA MANIPULATION.....	3
1. QU'EST-CE QUE LA MANIPULATION ?.....	3
2. LA MANIPULATION ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENFANT.....	3
2. LA PLACE DE LA MANIPULATION À L'ÉCOLE.....	4
1. LA MANIPULATION À L'ÉCOLE MATERNELLE.....	4
2. LA MANIPULATION À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE.....	5
3. LA MANIPULATION DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES.....	7
1. L'ÉVOLUTION DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES À L'ÉCOLE.....	7
2. LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION.....	8
3. LES ÉTAPES DE LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION.....	9
4. LES DIFFÉRENTS MODES D'INVESTIGATION EN SCIENCES.....	12
4. LE RÔLE DE LA MANIPULATION DANS LES APPRENTISSAGES.....	14
1. LA MANIPULATION ; UN OUTIL AU SERVICE DE L'ENSEIGNANT.....	14
2. ... MAIS AUSSI UN OUTIL D'AIDE POUR LES APPRENTISSAGES DE L'ÉLÈVE.....	15
3. L'IMPACT DE LA MANIPULATION SUR LA MOTIVATION DES ÉLÈVES.....	16
5. LES APPRENTISSAGES ET LA MÉMOIRE.....	18
1. LA DIFFÉRENCE ENTRE APPRENTISSAGE ET MÉMOIRE.....	19
2. LES DIFFÉRENTS TYPES DE MÉMOIRE.....	20
3. LA MÉMOIRE DE TRAVAIL.....	21
4. LA MÉMOIRE À LONG TERME.....	22
6. MANIPULER POUR MIEUX MÉMORISER ?.....	24
CADRE PRATIQUE.....	26
1. PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSE DE RECHERCHE.....	26
2. MÉTHODOLOGIE DE RECUEIL DES DONNÉES.....	26
1. PRÉSENTATION DU CADRE PRATIQUE GÉNÉRAL.....	26
2. PRÉSENTATION DE L'ÉVALUATION ET DES TYPES DE MÉMOIRE EN JEU.....	28
3. PRÉSENTATION DES INDICATEURS VALIDANT OU INFIRMANT L'HYPOTHÈSE.....	29
3. RÉSULTATS.....	30
1. RÉSULTATS POUR LA COMPÉTENCE N°1.....	30
2. RÉSULTATS POUR LA COMPÉTENCE N°2.....	33
3. RÉSULTATS POUR LES EXERCICES ÉVALUANT LA COMPÉTENCE N°2.....	37
4. RÉSULTATS POUR LA COMPÉTENCE N°3.....	42
5. DISCUSSION.....	45
CONCLUSION.....	49
BIBLIOGRAPHIE.....	50
ANNEXES.....	53

« *Tu me dis, j'oublie. Tu m'enseignes, je me souviens. Tu m'impliques, j'apprends.* ». Cette citation du scientifique et homme politique américain Benjamin Franklin illustre la thématique que j'ai retenue pour mon mémoire de recherche dans lequel je cherche à étudier le rôle que peut jouer la manipulation en sciences pour la mémorisation à long terme des procédures.

André Giordan dans son ouvrage « *Apprendre* », explique que « *le maître doit constamment offrir à ses élèves des activités à même de susciter leur intérêt, leur curiosité, leur réflexion, voire leur émotion* ». Il poursuit en expliquant que « *c'est en expérimentant (un geste), en testant (une hypothèse), en soupesant (une idée), que l'on apprend.* » (Giordan, 2002). C'est cette approche qui se retrouve dans la démarche d'investigation prônée aujourd'hui pour l'enseignement des sciences à l'école. André Giordan explique qu'il s'agit d'une pédagogie d'investigation permettant de stimuler chez les élèves esprit scientifique, compréhension du monde et capacités d'expression. La manipulation, qui recouvre trois modes d'investigation scientifique, peut alors être considérée comme une étape fondamentale de la démarche d'investigation car elle favorise la recherche des élèves et leur permet de s'approprier les connaissances scientifiques en les construisant eux-mêmes. En effet, en manipulant les enfants s'interrogent, expérimentent de manière réfléchie, confrontent leur point de vue et communiquent leurs résultats. Autant d'actions qui poussent alors les élèves à remettre en question leurs conceptions et à construire progressivement les savoirs visés. Ce travail de recherche m'a alors permis de m'intéresser au lien éventuel entre la manipulation et son possible impact sur les apprentissages des élèves. À ce titre, le pédagogue Antoine de La Garanderie a distingué au cours de ses recherches différents modes d'apprentissage chez les enfants leur permettant de découvrir la ou les manières les plus efficaces pour mémoriser de nouvelles connaissances. Le métier d'enseignant exigeant par ailleurs une attention particulière aux besoins de tous les élèves, il explique que tous les élèves sont différents et ont donc une manière, un modèle d'apprentissage différent (utilisation de la mémoire visuelle ou auditive, nécessité de la répétition, nécessité de la manipulation, etc.).

C'est donc tout naturellement que j'ai cherché à savoir si la manipulation permet d'optimiser ou non la mémorisation chez les enfants, en portant un regard plus appuyé sur la mémorisation des procédures.

Dans un premier temps, une première approche générale de ce qu'est la manipulation en lien avec le développement de l'enfant sera présentée. La progression dans les programmes actuels pour l'école s'appuyant sur les travaux de recherche en lien avec le développement de l'enfant, nous analyserons alors la place qui est faite à la manipulation aujourd'hui à l'école. Nous porterons ensuite notre attention sur sa place dans l'enseignement des sciences, ce qui nous permettra ainsi de présenter son rôle dans les apprentissages. La thématique de recherche retenue portant sur la mémorisation des procédures nous nous attacherons à différencier apprentissage et mémoire pour ensuite présenter les différents types de mémoire. Dans une dernière partie, nous présenterons l'état actuel des recherches concernant le lien entre la manipulation et la mémorisation.

La présentation de l'ensemble de ces éléments théoriques nous permettra alors de présenter la problématique de recherche retenue ainsi que l'hypothèse envisagée. La méthodologie de recueil des données choisie pour tester cette hypothèse sera ensuite expliquée. Enfin, les résultats obtenus seront discutés au regard des éléments de recherche présentés dans le cadre théorique.

1. LA MANIPULATION

1. QU'EST-CE QUE LA MANIPULATION ?

L'acte de manipuler (du latin *manipulus*, poignée) est défini comme celui « *de tenir un objet dans ses mains lors d'une utilisation quelconque ; manier, manoeuvrer un appareil, le faire fonctionner avec la main.* ». Lorsque ce terme est employé en sciences, il désigne un acte visant à « *manier avec soin en vue d'une opération scientifique ou technologique* » ou « *toucher, tenir, transporter avec les mains* » (Larousse, 2010). En d'autres termes, la manipulation revient à tenir quelque chose à la main ou avec un instrument pour le soumettre à certaines opérations.

2. LA MANIPULATION ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENFANT

En ce qui concerne le développement de l'enfant, les jeunes enfants se découvrent personnellement et découvrent le monde qui les entourent à travers leurs activités sensorielles et motrices. D'après les travaux réalisés par Jean Piaget, la manipulation est à la base de la construction de l'intelligence de l'enfant. En effet l'action de l'enfant sur les objets qui l'entourent va progressivement développer sa pensée et son rapport au monde. Deux stades successifs jalonnent le développement cognitif de l'enfant à l'école primaire selon Piaget : il s'agit du stade sensori-moteur et du stade des opérations concrètes.

Le stade sensori-moteur s'étend de la naissance jusqu'aux deux ans de l'enfant. Au cours de ce stade, l'enfant apprend par ses sens et par ses activités motrices. Jean Piaget explique que, sur la base de leurs comportements innés et aléatoires, les jeunes enfants sont ensuite en mesure de coordonner des informations sensorielles et motrices pour résoudre des premiers problèmes simples. La manipulation est une activité qui permet alors à l'enfant d'explorer librement toutes les possibilités d'utilisation qu'offre un objet. Par ailleurs, dans le domaine moteur, l'enfant avec l'objet dans ses mains agit et adapte constamment son action ainsi que ses mouvements par rapport à l'objet. Il va ainsi petit à petit développer son habilité manuelle en affinant et coordonnant ses gestes.

Le second stade dans le développement de l'enfant décrit par Jean Piaget est le stade des opérations concrètes qui s'étend de l'âge de 2 à 11 ans. Progressivement, l'enfant va être en mesure de se représenter des actions passées ou futures ; mais aussi des éléments de son environnement à partir de mots ou symboles. Il s'agit de l'intelligence par la représentation qui fait suite à une première construction de l'intelligence qui s'est faite à partir des sens, de l'action et des déplacements au cours du premier stade. Au cours de ce stade, le langage va considérablement se développer et ainsi avoir une fonction importante pour commencer à structurer la pensée de l'enfant. Toutefois, Jean Piaget précise que la manipulation va rester primordiale car l'enfant va continuer à explorer celle-ci avec les objets qu'il a entre les mains et développer son pouvoir d'anticipation.

2. LA PLACE DE LA MANIPULATION À L'ÉCOLE

1. LA MANIPULATION À L'ÉCOLE MATERNELLE

Les travaux de Jean Piaget ont montré que la manipulation joue un rôle clé dans le développement de l'enfant en de nombreux points. Lorsqu'on s'intéresse aux programmes actuels de l'école maternelle et de l'école élémentaire nous pouvons voir que ces derniers offrent une place importante aux activités de manipulation. Premièrement en ce qui concerne l'école maternelle, le terme manipulation possède cinq occurrences dans les programmes de 2015. Trois d'entre elles peuvent être mises en relation avec les travaux de Jean Piaget.

La première d'entre elles se situe dans le volet « *apprendre en jouant* » : « *le jeu favorise la richesse des expériences vécues par les enfants dans l'ensemble des classes de l'école maternelle et alimente tous les domaines d'apprentissage. (...) Il revêt différentes formes : jeux symboliques, jeux d'exploration, jeux de construction et de manipulation, jeux collectifs et jeux de société, jeux fabriqués et inventés, etc.* ». Ainsi, l'enseignant d'école maternelle doit mettre en place des situations d'enseignement permettant à l'enfant d'explorer les caractéristiques des objets qu'il manipule. Cela peut se faire au travers du jeu où l'enfant va découvrir les composantes d'un objet et se servir de ses nouvelles connaissances pour améliorer ses gestes ainsi qu'enrichir ses actions. En ce qui concerne le domaine affectif et social, en passant par le jeu, l'enfant va découvrir

qu'il peut maîtriser les objets. Il va alors découvrir le plaisir d'agir et pourra participer à des projets collectifs. La manipulation d'objets va ainsi aider à la construction de la personnalité de l'enfant. Ce qui l'aidera à s'affirmer, à dépasser ses craintes et ses angoisses.

Les deux autres occurrences du terme manipulation s'insèrent dans le domaine d'apprentissage « *construire les premiers outils pour structurer sa pensée* ». Le terme manipulation se retrouve dans le volet « *explorer des formes, des grandeurs, des suites organisées* » : « *L'approche des formes planes, des objets de l'espace, des grandeurs, se fait par la manipulation et la coordination d'actions sur les objets.* ». Ici, l'utilisation pédagogique qui est faite de la manipulation fait écho aux travaux réalisés par Jean Piaget quand il décrit que l'action sur les objets permet la construction de l'intelligence de l'enfant. Au travers de la manipulation, l'élève de maternelle prend conscience des notions spatio-temporelles, des notions de poids, des hauteurs, des longueurs, de la latéralisation. Enfin, le terme manipulation se retrouve également dans un des attendus des enfants en fin d'école maternelle, dans le volet « *étudier les nombres* » : « *quantifier des collections jusqu'à dix au moins, les composer et les décomposer par manipulation effectives puis mentales.* ». Le passage par la manipulation constitue une étape qui va aider l'enfant à construire ses premières représentations mentales en lien avec les opérations mathématiques à la maternelle. Ce qui constitue un des éléments de passage au stade des opérations concrètes décrit par Jean Piaget car l'enfant va progressivement passer d'une intelligence construite à partir des sens liés à l'action à une l'intelligence passant par la représentation. Ce passage va être facilité par l'acquisition et l'appropriation d'un langage explicite accompagnant la manipulation.

2. LA MANIPULATION À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

Poursuivant cet objectif d'aide à la représentation mentale et à l'acquisition d'un vocabulaire spécifique, le recours à la manipulation se poursuit dans les apprentissages tout au long de l'école élémentaire. Lorsqu'on s'intéresse aux programmes en vigueur pour le cycle 2 et le cycle 3, le terme de manipulation apparaît respectivement à dix-huit et neuf reprises.

En ce qui concerne le cycle des apprentissages fondamentaux, trois occurrences sont à mettre en lien avec les éléments présentés précédemment et témoignent du rôle de la manipulation dans la construction de l'intelligence de l'enfant à l'école. Ces dernières concernent en premier lieu l'apprentissage des mathématiques : *« l'introduction et l'utilisation des symboles mathématiques sont réalisées au fur et à mesure qu'ils prennent sens dans des situations basées sur des manipulations, en relation avec le vocabulaire utilisé, assurant une entrée progressive dans l'abstraction. »* De plus, il est précisé que *« l'étude des grandeurs et de leurs mesures doit faire l'objet d'un enseignement structuré et explicite qui s'appuie sur des situations de manipulation »* et que *« les notions de géométrie plane et les connaissances sur les figures usuelles s'acquièrent à partir de manipulations et de résolution de problèmes. »*. Le recours à la manipulation s'inscrit donc dans la continuité de l'utilisation pédagogique qui en a été faite jusqu'ici en maternelle. En lien avec le passage au stade des opérations concrètes décrit par Jean Piaget, la finalité du passage par la manipulation au cycle 2 en mathématiques va être de permettre à l'élève d'entrer progressivement dans une intelligence de représentation. Il en va de même pour le cycle de consolidation où *« l'introduction et l'utilisation des symboles mathématiques sont réalisées au fur et à mesure qu'ils prennent sens dans des situations basées sur des manipulations, en relation avec le vocabulaire utilisé, assurant une entrée progressive dans l'abstraction qui sera poursuivie en cycle 4. »*.

Le terme de manipulation possède également une occurrence pour chacun des deux cycles de l'école élémentaire en lien avec l'enseignement des sciences. Tout d'abord au cycle 2, dans le domaine *« questionner le monde - questionner le monde du vivant, de la matière et des objets »* : *« des expériences simples (exploration, observation, manipulation, fabrication) faites par tous les élèves permettent le dialogue entre eux, l'élaboration de leur représentation du monde qui les entoure, l'acquisition de premières connaissances scientifiques et d'habiletés techniques. »*. Ensuite, au cycle 3, en sciences et technologie *« la diversité des démarches et des approches (observation, manipulation, expérimentation, simulation, documentation...) développe simultanément la curiosité, la créativité, la rigueur, l'esprit critique, l'habileté manuelle et*

expérimentale, la mémorisation, la collaboration pour mieux vivre ensemble et le goût d'apprendre. ». Ces deux occurrences rejoignent ici encore les finalités de la manipulation pour l'enfant évoquées précédemment.

3. LA MANIPULATION DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

1. L'ÉVOLUTION DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES À L'ÉCOLE

Nous allons maintenant voir comment s'insère l'exploitation pédagogique de la manipulation exigée par les programmes officiels plus spécifiquement en sciences. Pour cela il convient tout d'abord de présenter l'évolution de l'enseignement des sciences à l'école afin de mieux comprendre la démarche pédagogique qui prédomine aujourd'hui pour l'enseignement de cette discipline.

C'est à partir du XIX^{ème} siècle que l'enseignement des sciences à l'école en France a connu une véritable révolution. En effet, après que la loi Guizot ait fait apparaître les sciences de manière optionnelle dans les programmes de l'école, les lois Ferry de 1882 ont quant à elles rendues obligatoire l'enseignement de cette discipline. Jean Hebrard explique dans son article « *L'histoire de l'enseignement des sciences en France* » que l'enseignement des sciences en France était alors calqué sur le modèle d'apprentissage britannique et américain de la « leçon de choses ». Au cours de cette leçon, les élèves devaient simplement observer des objets concrets ou des images de manière à les placer en contact avec leur environnement extérieur. Toutefois, les élèves n'étaient engagés dans aucune réflexion au travers de cet enseignement puisqu'ils devaient se contenter d'observer avant d'apprendre une leçon liée à cette observation. Cette méthode finit alors par être progressivement controversée et elle le fut d'autant plus dans les années 1970 à la suite des travaux de Jean Piaget présentés précédemment. En effet, pour ce dernier, l'enfant construit ses savoirs en étant en interaction directe avec le monde qui l'entoure.

Dans la « leçon de choses », l'élève observe pour comprendre et apprendre. Jean Piaget a mis en avant le fait qu'il faut que l'enfant se questionne d'abord avant d'agir. Une approche de nature expérimentale s'appuyant sur les conceptions initiales préalables des élèves, s'est alors répandue à la fin du

XXème siècle. Il s'agit de la démarche constructiviste. Les connaissances se construisent par l'activité des élèves au cours d'une approche hypothético-déductive. Certaines hypothèses issues de leurs acquis sont alors testées dans une démarche expérimentale par le biais de leurs acceptations ou de leurs rejets pour ensuite construire les savoirs. Georges Charpak, prix Nobel de physique en 1992, lance l'opération « *La main à la pâte* » en 1996. Le but de cette opération est alors de donner plus de poids encore à l'enseignement des sciences à l'école en aidant les professeurs à enseigner les sciences en mettant en œuvre une pédagogie d'investigation permettant de stimuler chez les élèves esprit scientifique, compréhension du monde et capacités d'expression.

En 1998, Jean Pierre Astolfi explique dans son ouvrage « *Comment les enfants apprennent la science* » que plusieurs démarches peuvent être envisagées pour enseigner les sciences et la technologie à l'école en fonction des différentes façons dont elles sont mises en œuvre et les objectifs qu'elles poursuivent. Le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire de juin 2000, prenant comme base le programme « *La main à la pâte* » a promu la démarche d'investigation pour l'enseignement de ces disciplines à l'école primaire. Ce cheminement pédagogique reprend l'idée « *learning by doing* » développée par John Dewey, philosophe américain de l'éducation, basée sur le principe que toute leçon à enseigner doit être une réponse au questionnement de l'enfant qui construit son savoir dans un processus dynamique.

2. LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION

Dans l'article paru dans la revue Technologie en 2012 repris sur le site ÉDUSCOL, Gregory Anguenot présente la démarche d'investigation comme « *un outil d'apprentissage qui a pour but de motiver les élèves à apprendre par eux-mêmes et ainsi les rendre plus curieux et plus désireux de comprendre ce qu'il se passe autour d'eux* » (Anguenot, 2012). La démarche d'investigation à l'école s'inspire de celle employée par les chercheurs. La recherche scientifique peut être décrite comme une approche rationnelle qui permet d'examiner des phénomènes, des problèmes à résoudre et d'obtenir des réponses précises à partir

d'investigations. Ainsi, face à un phénomène encore inexpliqué, les chercheurs émettent plusieurs hypothèses qu'ils vont ensuite valider ou invalider grâce à leurs connaissances, à des expérimentations ou encore des recherches documentaires. Ce processus est systématique, rigoureux et conduit à l'acquisition de nouvelles connaissances.

Ainsi, les programmes actuels pour l'école maternelle et élémentaire confirment que l'observation, le questionnement, l'expérimentation et l'argumentation sont essentiels dans l'apprentissage des sciences et de la technologie. Ils soulignent que « *les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique* ». La démarche d'investigation, constituée de sept étapes, s'inscrit parfaitement dans ce cadre là puisqu'elle permet à l'élève d'être véritablement acteur de ses apprentissages.

3. LES ÉTAPES DE LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION

Les différentes étapes de cette pédagogie d'exploration sont décrites sur le site de la fondation de la main à la pâte dans le guide méthodologique « *La démarche d'investigation : comment faire en classe ?* » dont le schéma récapitulatif page 11 est extrait (Fondation La Main à la Pâte, 2015).

Tout d'abord, à partir d'une situation fonctionnelle ou d'une situation de départ fortuite ou provoquée, le professeur suscite l'étonnement et la curiosité des élèves pour aboutir à la formulation d'un problème à résoudre. Dans « *Comment les enfants apprennent les sciences* » Jean Pierre Astolfi explique que l'enseignant doit avoir une bonne connaissance de sa classe pour identifier quelles sont les conceptions ou représentations initiales des élèves, ainsi que leurs acquis et leurs difficultés. C'est la connaissance de l'ensemble de ces éléments qui permet à l'enseignant d'élaborer un scénario pédagogique qui fait naître le questionnement, permet d'accéder aux savoirs visés et répond aux objectifs d'apprentissage à atteindre fixés.

Par le raisonnement et en utilisant leurs connaissances, les élèves proposent alors des hypothèses à tester pour répondre au problème posé. Il convient pour l'enseignant de s'assurer que tous les élèves ont compris ce problème posé. Au cours de cette phase, l'enseignant peut notamment faire se confronter les hypothèses divergentes. Il s'agit de favoriser l'appropriation par la classe du problème à résoudre.

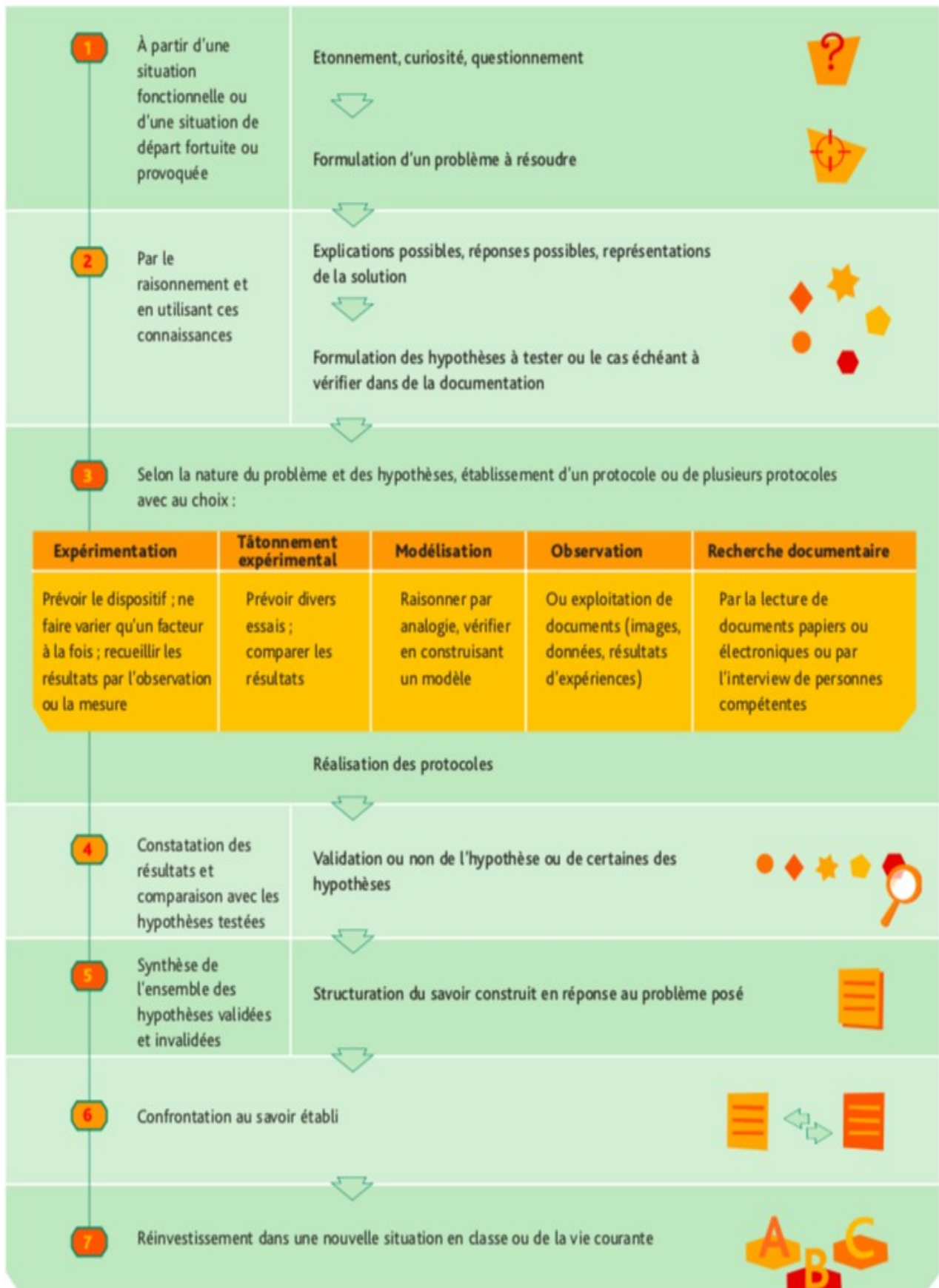
Selon la nature du problème et des hypothèses, le mode d'investigation retenu par le professeur est différent. Il existe différents modes de recherche en sciences qui seront présentés dans la prochaine partie de ce cadre théorique. Au cours de l'exploration les élèves contrôlent l'isolement des paramètres et leur variation.

À l'issue de l'investigation, les élèves constatent les résultats et les comparent avec les hypothèses testées, ce qui leur permet de valider ou non ces dernières. Ils recherchent des éléments de justification et de preuve. Une synthèse de l'ensemble des investigations lors d'un échange argumenté permet de structurer le savoir en réponse au problème posé. Cette étape permet de développer l'esprit critique des élèves car ils doivent faire une analyse fine des recherches faites et proposer dans certains cas des explorations complémentaires.

L'acquisition et la structuration des connaissances se fait avec l'aide de l'enseignant qui met en évidence de nouveaux éléments de savoir utilisés au cours de l'investigation par les élèves.

Une confrontation au savoir établi ainsi qu'un réinvestissement dans une nouvelle situation sont enfin proposés. Ceci permet pour les élèves l'opérationnalisation des nouvelles connaissances pour automatiser certaines procédures et aider à maîtriser les formes d'expression liées à ces connaissances en les réinvestissant.

LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION RAISONNÉE DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES



4. LES DIFFÉRENTS MODES D'INVESTIGATION EN SCIENCES

Comme décrit précédemment, selon la nature du problème et des hypothèses, le mode d'investigation retenu par le professeur est différent. Dans la recherche scientifique il existe différents modes de recherche. La manipulation en elle-même n'est pas un mode en soi mais elle recouvre trois d'entre-eux qui sont l'expérimentation, la modélisation et la réalisation matérielle. Bien que le passage par le concret soit mobilisé pour chacun d'eux, nous allons voir que les finalités sont différentes.

L'expérimentation est une démarche de recherche qui repose sur des questionnements, des émissions d'hypothèses. Et sur la conception de montages expérimentaux pour mettre à l'épreuve des idées, recueillir et analyser des résultats, en tirer des conclusions, présenter les recherches aux autres élèves. Une expérience est une intervention sur le réel afin de mettre une hypothèse à l'épreuve des faits. La démarche d'investigation a pour ambition de faire prendre conscience aux élèves du véritable rôle de l'expérience dans la recherche scientifique. Ceci n'est pas forcément toujours compris comme l'explique Jean Pierre Astolfi dans son ouvrage « *Comment les enfants apprennent la science* ». En effet, selon lui, il faut amener les élèves à comprendre qu'une expérience sert de preuve pour valider ou infirmer l'hypothèse qu'ils ont formulée pour répondre au problème qui leur était posé dans le but de développer leur esprit critique. Au cours d'une expérimentation, la manipulation permet de suivre pas à pas le raisonnement auquel a eu recours l'élève car son action sur les objets traduit sa pensée. Ainsi, la manipulation et l'ordre des actions qu'il va entreprendre sur les objets est guidée par le protocole expérimental qu'il a fixé pour chercher à valider son hypothèse.

La modélisation est une représentation sous forme réelle réduite et simplifiée ou sous forme mathématique ou logique. C'est un outil pour penser, une construction qui constitue une réponse provisoire et partielle à un problème scientifique ; réponse qu'il faudra confronter aux réalités du terrain ou aux résultats expérimentaux. En sciences, plusieurs modèles peuvent être utilisés.

Chacun permet de représenter et d'expliquer la réalité et d'établir des prévisions. Néanmoins, comme l'explique Jean Pierre Astolfi, il est nécessaire que les élèves sachent faire une relation entre éléments du modèle et éléments de la réalité. Et qu'ils comprennent ce que le modèle apporte au sein de son champ de validité, à la compréhension du réel. La manipulation dans ce mode d'investigation est au service de l'utilisation du modèle, il est donc important que l'élève comprenne que les actions qu'il réalise sur les différents objets du modèle servent à représenter un phénomène scientifique.

La réalisation matérielle consiste à rechercher des solutions techniques à un problème posé au travers de la fabrication d'un objet ou d'une maquette (uniquement en technologie). Ici, la manipulation permet de développer les habilités motrices des élèves qui doivent manipuler plusieurs objets et matériaux tout en respectant un programme de fabrication. Toutefois, comme le précise Jean Pierre Astolfi, les actions sur les objets ne se réduisent pas à des activités purement manuelles car elles sollicitent la réflexion de l'enfant. Ainsi c'est la représentation mentale de l'objet technique ou de la maquette qui amène l'enfant à fabriquer à partir de matériaux mis à sa disposition une production qui sera questionnée, puis améliorée et transformée pour obtenir le produit final. Cette démarche de conception et de réalisation permet alors à l'élève d'établir un cahier des charges de l'objet technique en question.

Il existe également trois autres modes d'investigation en sciences : l'observation, la recherche documentaire et la visite. Comme mentionné précédemment, le choix du mode de recherche le plus approprié se fait selon la nature du problème et des hypothèses.

L'observation directe ou assistée par un instrument consiste en une action de suivi attentif de phénomènes pour chercher à comprendre, analyser et organiser des faits mesurables, suivre leur évolution dans le temps et dans l'espace. Ainsi, l'observation n'est pas un simple exercice sensoriel, c'est aussi un exercice intellectuel visant une interprétation du réel. L'élève doit savoir en observant ce qu'il cherche afin de pouvoir déterminer ce qu'il doit voir.

La recherche documentaire correspond à l'ensemble des opérations, méthodes et procédures permettant l'obtention d'informations à partir de documents. L'objectif pour les élèves est de s'appuyer sur des connaissances déjà élaborées par la communauté scientifique pour répondre à un problème. Il est important que les élèves apprennent à trouver l'information. Pour cela, ils sont amenés à consulter des supports très variés, à trier l'information et à présenter l'indication recueillie.

Au cours d'une visite ou d'une enquête, la classe quitte l'école afin de mener une investigation (visite, exposition, échange...) ou accueille un expert (jardinier du village, agent de la commune, éleveur, médecin...). Ceci contribue à donner du sens aux apprentissages en favorisant le contact direct avec l'environnement naturel ou culturel, avec des acteurs dans leur milieu de travail.

4. LE RÔLE DE LA MANIPULATION DANS LES APPRENTISSAGES

Nous avons vu qu'au sein de la démarche d'investigation il existe plusieurs modes possibles en fonction du problème de départ et des hypothèses retenues. En lien avec la thématique de recherche retenue pour ce mémoire, nous allons nous intéresser plus spécifiquement à l'exploitation pédagogique de la manipulation qui peut être faite par les enseignants et à son impact sur la motivation des élèves. Dans cette partie, nous allons nous appuyer sur des travaux réalisés en lien avec l'enseignement des mathématiques. Néanmoins, les éléments décrits par ces auteurs sont transférables aux sciences puisqu'ils sont décrits dans le cadre général de l'école.

1. LA MANIPULATION ; UN OUTIL AU SERVICE DE L'ENSEIGNANT...

Catherine Berdonneau, explique dans son étude « *De l'importance des gestes pour l'apprentissage des concepts mathématiques* » que du point de vue de l'enseignant, la manipulation est un outil pédagogique précieux en plusieurs points. Selon elle, il s'agit d'un outil qui met l'élève dans une situation d'apprentissage effective. L'élève pourra s'engager pleinement dans une action réelle, différente de l'action symbolique et schématique qui, très souvent, exige un degré d'abstraction qui n'est pas toujours aisé pour de jeunes enfants. Comme

décrit précédemment, la manipulation est en outre un outil d'aide à l'élaboration de représentations mentales qui peut notamment aider les élèves à donner du sens à des concepts abstraits. Catherine Berdonneau explique ensuite que pour l'enseignant, la manipulation est un outil efficace pour mesurer la progression dans les apprentissages de chaque élève. En effet, la manipulation permet de facilement reconstituer le raisonnement employé par l'élève car son action sur les objets permet de voir de quelle manière ce dernier a réfléchi. C'est donc un dispositif permettant un retour immédiat ainsi qu'une évaluation instantanée et sûre. C'est l'observation des gestes et des essais entrepris par l'élève qui est révélatrice des acquis ou des procédures en cours d'acquisition chez l'élève. Elle explique par ailleurs que le recours à la manipulation permet à l'enseignant de voir si l'élève s'est réellement engagé dans la tâche qui lui a été demandée. Enfin, elle explique qu'en ce qui concerne la gestion de l'hétérogénéité au sein de la classe, la manipulation offre à l'enseignant plusieurs possibilités de différenciation. Pour les élèves qui sont en difficulté, elle permet de laisser plus de temps pour faire des essais. Et elle permet à l'enseignant d'envisager alors des activités annexes ciblées visant à aider ces élèves dans l'appropriation de la notion en cours. Pour ce qui est des élèves ayant plus de facilités, la manipulation permet de laisser libre court à des explorations originales. En revanche, Catherine Berdonneau précise que quel que soit le profil des élèves, ce n'est pas le support de manipulation qui contient le savoir. L'apprentissage nécessite une médiation de l'enseignant et c'est l'exploitation des supports de manipulation qui vont permettre à l'élève de pouvoir assimiler la connaissance correspondante.

2. ... MAIS AUSSI UN OUTIL D'AIDE POUR LES APPRENTISSAGES DE L'ÉLÈVE

Catherine Berdonneau présente également dans son étude les effets bénéfiques de la présence de la manipulation dans les apprentissages pour les élèves. En lien avec les stades de développement de l'enfant de Piaget précédemment présentés, la manipulation répond à un besoin de sensorialité qui est très prégnant avec de jeunes enfants. Les gestes des enfants étant finalisés car leurs mains sont guidées par leur pensée, la manipulation leur permet d'explorer leurs idées au moyen d'une approche active et concrète. De plus, elle permet de canaliser leur attention et de les libérer de certaines tâches annexes.

Comme par exemple celle de l'acte graphique qui peut parfois être couteux en temps et constituer un blocage pour entrer dans la tâche. Catherine Berdonneau explique également que l'enseignant doit privilégier le recours à des objets petits et faciles d'utilisation. La prise en main est alors rapide et les enfants peuvent en profiter pour modifier la position ou l'orientation. Ce qui enrichit rapidement leur perception visuelle par rapport à ces objets et développe leur autonomie. La simplicité des gestes et leur rapidité d'exécution permet de répéter l'action un grand nombre de fois. Selon elle, les éléments pouvant être déplacés si besoin, la manipulation laisse une place aux erreurs, permet la validation par l'élève et favorise son anticipation. Par ailleurs en ce qui concerne l'apprentissage par les pairs, l'observation d'un élève par un autre élève au cours d'une manipulation peut l'aider à se construire une représentation mentale de la tâche à accomplir.

François Boule, dans son étude « *Manipuler, organiser, représenter prélude aux mathématiques* », considère la manipulation comme une source de motivation supplémentaire pour l'élève qui va favoriser l'émergence d'initiatives personnelles. Il précise que l'enseignant doit toutefois rester attentif à l'usage qui est fait des objets à manipuler. En effet, bien qu'un temps d'appropriation libre du matériel soit laissé aux élèves, l'action à mener doit être finalisée pour que l'enfant construise un raisonnement et élabore des stratégies. Ainsi, pour permettre l'apprentissage, il explique que l'enseignant doit mettre en place des contraintes pour forcer les élèves à anticiper leur action. Cela se traduit par une mise en situation problème obligeant à s'investir intellectuellement qui sera motivante pour l'élève.

3. L'IMPACT DE LA MANIPULATION SUR LA MOTIVATION DES ÉLÈVES

Comme précédemment présenté, la manipulation dans la démarche d'investigation semble permettre de concentrer l'attention des enfants et d'encourager leur motivation à apprendre par le biais de l'engagement physique (et plus seulement intellectuel). Toujours en lien avec le rôle que la manipulation en sciences peut jouer concernant les apprentissages, nous allons voir dans ce second temps dans quelle mesure elle peut être une source de motivation pour les élèves.

En 1992, Pintrich et Schrauben dans leur étude « *La motivation des élèves et leur engagement cognitif dans les tâches en classe* », proposent une définition de ce qu'est la motivation à l'école : « *la motivation en contexte scolaire est un état dynamique qui a ses origines dans les perceptions qu'un élève a de lui-même et de son environnement et qui l'incite à choisir une activité, à s'y engager et à persévérer dans son accomplissement afin d'atteindre un but.* » (Pintrich & Schrauben, 1992). Vallerand et Thill proposent l'année suivante dans leur ouvrage « *Introduction à la psychologie de la motivation* » une définition plus proche encore de l'action de l'élève. « *La motivation représente le construit hypothétique utilisé afin de décrire les forces internes et/ou externes traduisant le déclenchement, la direction, l'intensité et la persistance du comportement.* » (Vallerand & Thill, 1993). D'après ces deux définitions, la motivation suscitée chez un élève par une activité proposée par l'enseignant va ensuite conditionner son désir d'apprendre ainsi que son engagement personnel dans la tâche. Cela constitue un des facteurs qui influencent les mécanismes d'apprentissages.

D'après la théorie de l'autodétermination décrite par Edward Deci et Richard Ryan en 1985, il existe deux types de motivation pouvant influencer les apprentissages des élèves. La première est la motivation intrinsèque où « *les comportements de l'élève sont uniquement motivés en vertu de l'intérêt et du plaisir qu'il trouve dans la pratique de l'activité, sans attendre de récompense.* » Elle renvoie donc à l'engagement volontaire dans une tâche pour l'intérêt qu'elle présente en elle-même sans l'attrait de récompense extérieure. La seconde est la motivation extrinsèque où « *l'élève agit dans l'intention d'obtenir une conséquence qui se trouve en dehors de l'activité même.* ». Cette dernière se réfère à l'engagement dans un but non inhérent à la tâche elle-même mais uniquement motivé par l'obtention d'une récompense potentielle à l'issue de la tâche.

Toujours selon Edward Deci et Richard Ryan, il existe trois besoins psychologiques fondamentaux que l'enseignant doit prendre en compte pour favoriser la motivation intrinsèque d'un élève. Tout d'abord, il y a le besoin de compétence, c'est-à-dire que l'élève doit avoir envie d'éprouver de la satisfaction personnelle liée à la réussite et à un sentiment de progression. Ensuite, il y a le

besoin d'autonomie pour lequel l'enfant doit se sentir maître de ses propres comportements et des choix qu'il effectue. Enfin, il y a le besoin d'affiliation qui correspond à l'envie qu'a un enfant d'exprimer ses capacités en interagissant avec ses pairs pour construire des relations sociales de confiance et de coopération.

La manipulation semble répondre à l'ensemble des besoins psychologiques fondamentaux qui viennent d'être cités pour favoriser la motivation intrinsèque d'un élève. En effet, pour ce qui est du besoin de compétence, comme l'a expliqué André Giordan dans « *Apprendre !* » : « *l'action stimule puissamment l'intérêt de l'élève et le place dans une situation telle qu'en retour, il éprouve le désir d'exécuter une tâche* » (Giordan, 2002). L'élève ressent donc du plaisir à être pleinement acteur de l'investigation en cours car c'est lui-même qui mène les actions et agit sur les objets. C'est son action qui va apporter la réponse au problème posé. Pour ce qui est du besoin d'autonomie, Catherine Berdonneau explique que la manipulation permet à l'élève qui a défini ses propres objectifs, de mettre en œuvre lui-même des stratégies pour les atteindre. De plus, la manipulation donne à l'élève la possibilité de faire des choix et d'être plus responsable. Concernant le besoin d'affiliation, la manipulation favorise selon elle la coopération et les interactions entre pairs. En effet, les divergences entre élèves sont un moyen de leur faire confronter leurs savoirs et de les obliger à argumenter leurs propos pour justifier leurs choix.

5. LES APPRENTISSAGES ET LA MÉMOIRE

Les travaux de recherche précédemment cités font état d'une motivation accrue en ce qui concerne les tâches scolaires mobilisant la manipulation. De plus, nous avons vu qu'en ce qui concerne l'enseignement des sciences cette motivation pour la manipulation favoriserait les apprentissages en jeu. Toutefois, comme décrit en introduction, ce mémoire de recherche s'intéresse à la mémorisation et non aux apprentissages. C'est pourquoi, dans la partie suivante, nous allons nous attacher à différencier mémoire et apprentissage pour ensuite présenter les différents types de mémoire et essayer de voir à quel moment chacune d'entre elles est mobilisée dans l'enseignement des sciences à l'école.

1. LA DIFFÉRENCE ENTRE APPRENTISSAGE ET MÉMOIRE

La mémoire a toujours été de près ou de loin associée à la question des apprentissages. Ces deux notions sont d'ailleurs si intimement liées qu'elles sont souvent confondues. Or elles renvoient à des phénomènes différents.

L'apprentissage désigne « *un processus qui va modifier un comportement ultérieur de façon durable* ». En d'autres termes, c'est l'aptitude à se resservir de ce qui a été appris dans d'autres domaines. Or, il ne suffit pas de mémoriser pour apprendre, même si la mémoire est essentielle à tout apprentissage puisqu'elle permet le stockage et le rappel des connaissances apprises. La mémoire est quant à elle définie comme « *l'activité biologique et psychique qui permet d'emmagasiner, de conserver, de restituer des informations* » (Larousse, 2010). Ainsi, pour le grand public, la mémoire est la capacité qu'a une personne de se souvenir d'éléments issus de son propre vécu. Se rappeler, permettre à sa conscience d'accéder à des épisodes du passé. Par ailleurs, la mémoire est souvent mise en relation avec l'acte d'apprendre dans le sens d'acquérir progressivement de nouvelles connaissances et les retenir pour les réinvestir ensuite. Alain Lieury, Jean-Claude Dupont et Serge Brion, dans « *Mémoire* », présentent la mémoire comme « *la propriété de conserver et de restituer des informations nécessitant des opérations mentales qui permettent de se représenter les objets ou événements en leur absence et dont les principaux modes sont le langage et l'image mentale visuelle* » (Lieury, Dupont & Brion, 2004). La mémoire peut donc être définie comme un ensemble de fonctions en relation avec la capacité de stocker et d'enregistrer des informations pour les rendre disponibles à tout moment.

Bien que la structure et le fonctionnement de la mémoire soient étudiés depuis très longtemps par les scientifiques, ce n'est que depuis les années 1980 que ses mécanismes se précisent de plus en plus. L'avènement des nouvelles technologies d'imagerie cérébrales ont en effet permis d'étudier les zones du cerveau concernées par les différents systèmes de la mémoire et les récentes études neuropsychologiques sont venues compléter ces découvertes.

2. LES DIFFÉRENTS TYPES DE MÉMOIRE

Contrairement à une idée reçue, le fonctionnement de la mémoire ne se résume pas à un simple phénomène de stockage dans un espace circonscrit à la manière du stockage des informations sur le disque dur d'un ordinateur. Martin Van Der Linden, dans son étude « *Une approche cognitive du fonctionnement de la mémoire épisodique et de la mémoire autobiographique* », explique que « *la mémoire n'est pas une entité homogène, mais est au contraire constituée de plusieurs systèmes indépendants, quoiqu'en étroite interaction* » (Van Der Linden, 2003). Il existe alors plusieurs types de mémoire impliquant des réseaux neuronaux différents mais interconnectés. Chacun capable d'élaborer, de récupérer et d'utiliser des informations. À ce titre, Francis Eustache, dans son ouvrage « *La mémoire humaine : ses composantes et ses processus* », précise que ces mémoires fonctionnent ensemble et ne sont pas figées car le temps et les expériences vécues par une personne les modifient. Il explique également que les différences de capacité de rétention des individus, selon que les informations à mémoriser concernent le cours de l'action ou des événements passés, conduisent alors à distinguer la mémoire à court terme, dont la capacité est limitée (appelée aussi mémoire de travail) et la mémoire à long terme, dont la capacité est en principe illimitée. Plusieurs auteurs s'accordent aujourd'hui pour distinguer cinq systèmes principaux de mémoire.

Un système de mémoire à court terme (mémoire de travail) qui permet de conserver des informations durant de courtes périodes de temps.

Quatre systèmes de mémoire à long terme :

- La mémoire sensorielle (mémoire des représentations perceptives).
- La mémoire épisodique ou événementielle (mémoire des souvenirs, des événements).
- La mémoire sémantique (mémoire de l'ensemble des connaissances pratiques ou théoriques sur le monde au sens large).
- La mémoire non déclarative (ou procédurale) correspondant à la mémoire des automatismes.

3. LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

Le concept de mémoire de travail est défini par Francis Eustache et Béatrice Desgranges dans « *Les chemins de la mémoire* » comme un « *système responsable du traitement et du maintien temporaire des informations nécessaires à la réalisation d'activités aussi diverses que la compréhension, l'apprentissage et le raisonnement* » (Eustache & Desgranges, 2010). Pour Fabien Dworzak, il s'agit d'« *une sorte de bloc-notes où sont stockées les informations utiles pour une durée limitée* » (Dworczak, 2004). En d'autres termes, la mémoire de travail décrit une mémoire à court terme permettant de stocker et de manipuler temporairement des informations afin de réaliser une tâche particulière. Nathalie Gavens et Valérie Camos expliquent par ailleurs dans « *La mémoire de travail : une place centrale dans les apprentissages fondamentaux* » que « *chez l'enfant, la mémoire de travail est extrêmement sollicitée dans les apprentissages complexes* » (Gavens & Camos, 2006). Ainsi en ce qui concerne l'enseignement des sciences à l'école, la mémoire de travail est particulièrement mobilisée à plusieurs moments de la démarche d'investigation. Pour illustrer un de ces moments, nous pouvons prendre comme exemple le temps où les élèves doivent réfléchir à un protocole expérimental qui permettra de tester la validité de leur hypothèse. Les élèves sont alors engagés dans un raisonnement et doivent tenir compte de plusieurs informations en même temps. Toutefois, il est important de préciser que la mémoire de travail n'est pas déconnectée des systèmes de mémoire à long terme précédemment cités. En effet, Fabien Dworzak explique que « *les souvenirs destinés à laisser une trace à long terme passent nécessairement par l'espace de la mémoire à court terme, puis subissent un ensemble de mécanismes de consolidation et de maturation qui, chez l'Homme, prennent parfois des années.* » (Dworczak, 2004). Ainsi il existe d'étroites interactions entre la mémoire de travail et les systèmes de la mémoire à long terme permettant à la première d'être à la fois un espace de travail mais aussi une voie de passage temporaire des informations vers la seconde.

4. LA MÉMOIRE À LONG TERME

La mémoire à long terme permet de retenir de manière illimitée une information sur des périodes de temps très longues. Ana Maria Soprano et Juan Narbona, dans leur ouvrage intitulé « *La mémoire de l'enfant* », expliquent que la mémoire à long terme est « *celle qui se rapproche le plus de ce que le sens commun entend par mémoire* » et qu'il s'agit « *d'un système éminemment complexe dans lequel est stocké tout ce que nous savons à propos de nous-mêmes et du monde qui nous entoure* » (Soprano & Narbona, 2009). Cependant, elles distinguent des systèmes distincts qui interagissent au sein même de la mémoire à long terme. Ana Maria Soprano et Juan Narbona expliquent alors que la mémoire à long terme peut être divisée en deux grands systèmes : la mémoire déclarative et la mémoire non déclarative. Intéressons-nous d'abord à la mémoire déclarative (ou propositionnelle) qui est ainsi qualifiée car « *tout le savoir relevant de ce système peut être déclaré, c'est-à-dire ramené à la conscience verbalement, sous forme de propositions, ou non verbalement, sous formes d'images* » (Soprano & Narbona, 2009). Cette dernière est elle-même divisée en deux catégories : la mémoire épisodique ou événementielle et la mémoire sémantique.

La mémoire épisodique est décrite comme la mémoire des événements. Elle fait référence aux souvenirs personnels vécus en un lieu déterminé et à un moment précis de la vie. Martin Van Der Linden explique à ce titre que, « *contrairement aux autres systèmes de mémoire qui sont orientés vers le présent, la mémoire épisodique permet de voyager mentalement dans le temps, c'est-à-dire revivre les expériences passées et se projeter dans le futur.* » (Van Der Linden, 2003). Grâce à cette mémoire, nous pouvons donc récupérer consciemment les faits de notre passé et nous en servir pour potentiellement anticiper notre avenir. En sciences, c'est ce système de mémoire qui est mobilisé chez les élèves lorsqu'un enseignant s'appuie sur des connaissances déjà apprises au cours des années précédentes pour faire avec eux un rappel avant de découvrir une nouvelle notion.

La mémoire sémantique permet quant à elle le stockage de connaissances apprises plusieurs fois. Bernard Croisile précise dans « *Approche neurocognitive de la mémoire* » que « *ces savoirs sont retenus mais sans aucun souvenir du contexte de leur apprentissage.* » (Croisile, 2009). Ana Maria Soprano et Juan Narbona ajoutent « *qu'à la différence de la mémoire épisodique, la mémoire sémantique est dépourvue de références spatio-temporelles et de résonance affective* » (Soprano & Narbona, 2009). Les savoirs mémorisés tout au long de notre vie grâce à un tel système nous permettent de construire progressivement notre capital culturel personnel. Pour ce qui est des sciences, nombreux sont les exemples qui peuvent illustrer les savoirs possiblement enregistrés dans ce système de mémoire. Le nom et l'ordre des saisons, l'alternance jour / nuit, la rotation de la Terre autour du Soleil, ou bien encore le cycle de vie des êtres vivants en sont quelques exemples.

À contrario, la mémoire non déclarative (ou procédurale) correspond à l'ensemble des acquisitions qui « *ne peuvent pas être racontées* » et qui « *ne se produisent pas de manière consciente* » (Soprano & Narbona, 2009). En d'autres termes, ce système de mémoire désigne les informations acquises et durablement retenues, mais qui ne font pas l'objet d'un rappel conscient. Bernard Croisile explique que « *si l'apprentissage initial était bien évidemment conscient et s'est effectué lors d'un effort volontaire d'acquisition de la tâche, la mise en œuvre ultérieure de cette habilité ne sera plus consciente car l'accomplissement de la tâche s'exprimera dans l'action.* » (Croisille, 2009). Les éléments enregistrés dans ce système de mémoire concernent donc les formes procédurales de la mémoire qui aboutissent à la maîtrise de savoir-faire. En sciences, la mémorisation de l'utilisation de matériel spécifique entre pleinement dans les savoir-faire enregistrés dans ce système de mémoire. Bernard Croisile précise enfin que les savoir-faire mémorisés nous reviennent quand nous sommes en train de les appliquer. Et plus nous pratiquons, plus ils reviennent facilement ; et les traces de ces apprentissages ne s'effacent pratiquement jamais.

6. MANIPULER POUR MIEUX MÉMORISER ?

Stéphanie Zeitoun, dans son article intitulé « *Cerveau et apprentissage : que dit la science ?* » extrait de *La Revue pour l'Éducation* explique que la compréhension par les professeurs du fonctionnement des mécanismes d'apprentissage est essentiel pour qu'ils puissent mettre en place des pratiques pédagogiques qui optimiseront au mieux les futurs apprentissages chez les élèves. En ce sens, les récentes découvertes réalisées par les scientifiques ont permis de développer une meilleure compréhension des mécanismes d'apprentissage et ainsi de déterminer les facteurs qui pourraient les améliorer, mais aussi ceux qui pourraient être la cause de difficultés. Dans cette dernière partie nous allons donc chercher à voir dans quelle mesure le recours à la manipulation peut favoriser la mémorisation à long terme.

Ainsi, en s'intéressant au lien qui pourrait exister avec la mémorisation, il semblerait que l'attrait et la motivation des élèves pour la manipulation décrite précédemment leur permettrait de mieux retenir les connaissances scientifiques associées par la suite. Cette relation présentée en 1999 par Maria Arcà dans son étude « *La représentation scientifique de la réalité : expérience et expérimentation* » se base sur le fait que les fonctionnements cérébraux générant les émotions et ceux générant la mémorisation de nouvelles connaissances sont similaires. Selon elle, lorsque les élèves sont engagés émotionnellement dans une tâche comme lors d'une manipulation, ils sont plus à même de retenir les notions qui sont liées à ce qu'ils observent.

Dans leur ouvrage, « *L'enseignement scientifique, comment faire pour que ça marche?* » paru en 2002, Gérard De Vecchi et André Giordan renforcent cette théorie en expliquant que la réalisation d'expériences préparées par l'enseignant suivies de l'observation des résultats ne suffisent pas pour que les élèves remettent en cause leurs représentations initiales. D'où la nécessité de les laisser tester eux-mêmes les expériences imaginées. Ce qui permet en outre aux élèves ayant des conceptions initiales erronées résistantes, de les abandonner plus facilement qu'avec une simple observation. Enfin, d'après ces deux travaux, les

enfants semblent très bien se souvenir des expériences qu'ils ont eux-même mises en œuvre. Ce qui leur permettrait de remobiliser des protocoles qu'ils ont éprouvés lors d'expériences similaires à réaliser.

L'équipe « *sciences cognitives / comment changer l'école* » explique, dans « *Les neurosciences pour l'école et les familles de mémoire* », que, « *lors de toute activité cognitive, c'est l'ensemble des familles de mémoires qui sont sollicitées de façon complémentaire et essentiellement trois types de mémoire : sémantique, procédurale et de travail.* ». La thématique de recherche retenue portant sur la mémoire procédurale, le cadre pratique qui va maintenant être présenté va donc en priorité tenter de montrer le rôle que peut jouer la manipulation en sciences sur cette mémoire.

1. PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSE DE RECHERCHE

À la lecture des différents articles et ouvrages de recherche mentionnés dans le cadre théorique de ce mémoire, j'ai cherché à savoir si le passage par la manipulation favoriserait la mémorisation des procédures à long terme.

Mon hypothèse est, qu'effectivement, la manipulation favorise la mémorisation des procédures.

2. MÉTHODOLOGIE DE RECUEIL DES DONNÉES

1. PRÉSENTATION DU CADRE PRATIQUE GÉNÉRAL

J'ai réalisé une étude comparative sur deux classes différentes de CE2 : une à l'école Jean-Jacques Rousseau à Albi (Tarn) avec 24 élèves et une à l'école de Gerde (Hautes-Pyrénées) avec 22 élèves. A été menée une séquence d'enseignement en lien avec l'étude de l'électricité dont les objectifs d'apprentissage appartiennent au domaine des programmes pour le cycle 2 « *Questionner le monde* » :

- Réaliser quelques objets et circuits électriques simples, en respectant des règles élémentaires de sécurité.
- Identifier les propriétés de la matière vis-à-vis du courant électrique.
 - Constituants et fonctionnement d'un circuit électrique simple.
 - Rôle de l'interrupteur.
 - Règles élémentaires de sécurité.

Pour les deux classes, ces objectifs de connaissance ont été travaillés lors de cinq séances hebdomadaires de 45 minutes chacune :

- Séance 1 : *Qu'est-ce que l'électricité ? Comment est fabriquée l'électricité ?*
- Séance 2 : *Comment faire briller une ampoule avec une pile ?*
- Séance 3 : *Comment faire briller une ampoule loin de la pile ?*
- Séance 4 : *Comment allumer ou éteindre une ampoule quand on veut ?*
- Séance 5 : *Quels sont les dangers de l'électricité ?*

Au cours de la mise en œuvre de cette séquence, les séances n°1 et n°5 ont été menées exactement de la même manière dans les deux classes, avec les mêmes supports. En ce qui concerne les séances n°2, n°3 et n°4, la classe de l'école d'Albi a manipulé des circuits électriques simples ainsi que les différents constituants de ces derniers, tandis que la classe de l'école de Gerde a uniquement travaillé à partir de fiches, de recherches documentaires et de vidéos. Pour faire mon choix de séquence, je me suis appuyé sur l'étude de Catherine Berdonneau dans laquelle elle préconisait que l'enseignant doit privilégier le recours à des objets petits et faciles à manipuler pour permettre une prise en main rapide des élèves. Ce qui est le cas pour le matériel électrique (lampe, ampoule, pile, interrupteur). Ce sont en outre des objets connus des élèves. De plus, dans son étude, elle expliquait que les éléments à manipuler doivent être facilement déplacés pour rendre plus efficace les observations et comparaisons. Ce qui est également le cas avec le matériel électrique. Le retour instantané sur les actions des élèves était aisé. Mon choix de l'électricité comme support d'étude a également été guidé par l'étude de François Boule dans laquelle il expliquait que la manipulation des objets doit être finalisée pour que l'enfant construise un raisonnement et soit alors en mesure d'anticiper son action. Ainsi selon lui cela doit se traduire par une mise en situation problème obligeant l'élève à s'investir intellectuellement. L'électricité permet alors de confronter aisément l'élève à des problèmes qu'il se sent en mesure de résoudre car ils sont proches de son univers de référence.

2. PRÉSENTATION DE L'ÉVALUATION ET DES TYPES DE MÉMOIRE EN JEU

Une même évaluation a été donnée dans les deux classes et a été réalisée deux mois après la dernière séance (*Annexe 1*). Elle était composée de cinq exercices évaluant la maîtrise de trois objectifs :

- Être capable de définir ce qu'est l'électricité. (*exercice 1*)
- Être capable de faire briller une ampoule reliée à une pile (*exercice 2*), réaliser un montage en série (*exercice 3*), avec un interrupteur (*exercice 4*).
- Connaître quelques principes élémentaires de sécurité électrique (*exercice 5*).

Dans le premier exercice, la consigne donnée aux élèves était la suivante : « *Donne une définition de ce qu'est l'électricité et deux exemples pour expliquer comment elle peut être fabriquée* ». Les élèves devaient faire appel aux connaissances qu'ils avaient apprises au tout début de la séquence en séance n°1. Ainsi, pour cet exercice, les élèves ont mobilisé un des systèmes de la mémoire à long terme, à savoir la mémoire déclarative. En référence aux travaux d'Ana Maria Soprano et Juan Narbona sur ce type de mémoire, il s'agit bien ici de savoirs pouvant être déclarés, c'est-à-dire exprimables sous forme de phrases avec ses propres mots. Pour être plus précis encore, notons que ces savoirs ont vocation à entrer à plus long terme dans la mémoire sémantique de l'enfant.

La consigne donnée aux élèves dans le second exercice était la suivante : « *Colorie en jaune les ampoules qui peuvent s'allumer. Colorie en gris les ampoules qui ne peuvent pas s'allumer* ». Toujours en référence aux travaux d'Ana Maria Soprano et Juan Narbona, le type de mémoire mobilisé ici par les élèves concerne cette fois directement la thématique de recherche retenue puisqu'il s'agit de la mémoire non déclarative (ou procédurale). En effet, pour réussir cet exercice, les élèves devaient se remémorer les savoirs procéduraux appris en séance n°2. Ils avaient appris comment placer correctement une ampoule sur une pile pour réussir à l'allumer. C'est ce type de mémoire qui est également mobilisé dans l'exercice 3 où les élèves devaient répondre à la consigne suivante : « *Complète le schéma pour que l'ampoule s'allume loin de la*

pile. ». Mais aussi dans l'exercice 4 pour lequel les élèves avaient une consigne similaire « *Complète le schéma pour que l'ampoule s'allume avec l'interrupteur.* ». En effet, là encore, ce sont des savoirs procéduraux que les élèves ont mis en œuvre eux-mêmes ou bien observés dans une vidéo qui ont permis aux élèves de correctement répondre à cet exercice.

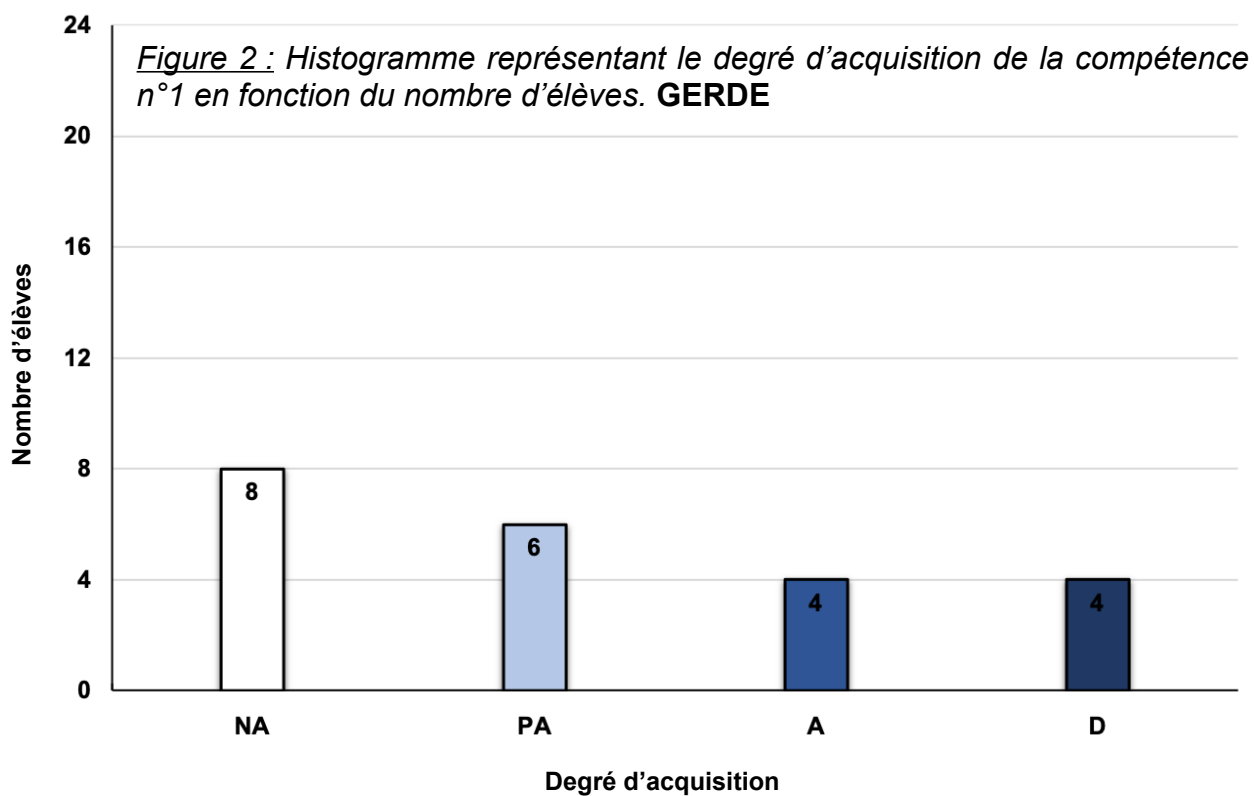
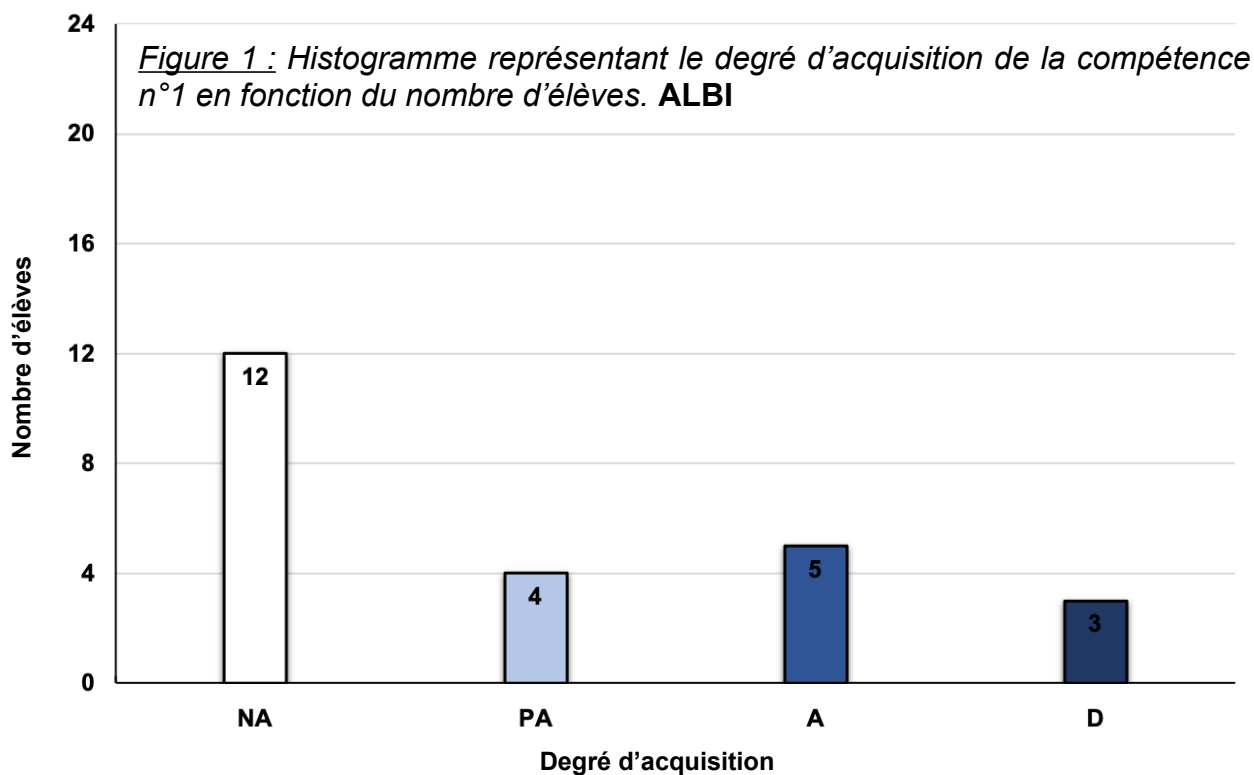
Enfin, dans l'exercice 5, les élèves avaient à répondre à la consigne suivante : « *Écris sous chaque image le mot sécurité ou danger.* ». Cet exercice s'appuyait sur les images du poster qui a servi de support à la séance n°5 quand les élèves ont appris quelques règles élémentaires de sécurité à respecter avec les appareils électriques. Dans cet exercice, les élèves devaient identifier si le personnage est en danger ou en sécurité en fonction de l'utilisation qu'il fait des appareils électriques. Ce dernier exercice mobilise alors le même type de mémoire que l'exercice 1, puisque, pour y répondre, les élèves doivent mobiliser des savoirs qui peuvent être expliqués et qui ne font pas l'objet de la maîtrise de savoirs procéduraux.

3. PRÉSENTATION DES INDICATEURS VALIDANT OU INFIRMANT L'HYPOTHÈSE

Au regard de l'hypothèse retenue pour répondre à la problématique de recherche, à savoir que la manipulation favorise la mémorisation à long terme procédurale, des indicateurs s'appuyant sur l'évaluation donnée aux élèves ont été définis pour valider ou infirmer cette hypothèse. Ces indicateurs ont été appliqués aux résultats de l'évaluation concernant uniquement les exercices en lien avec les séances pour lesquelles les mises en œuvre ont été différentes (avec manipulation pour une classe et sans manipulation pour l'autre). Il convient d'observer à l'aide de ces résultats si les élèves ayant manipulé au cours des séances n°2, n°3 et n°4 ont mieux réussi les exercices 2, 3 et 4 de l'évaluation. Ce qui permettrait alors de valider l'hypothèse concernant la mémorisation des savoirs procéduraux. Dans le cas contraire, ces résultats infirmeraient l'hypothèse.

3. RÉSULTATS

1. RÉSULTATS POUR LA COMPÉTENCE N°1



Le degré d'acquisition de la compétence n°1 « *être capable de définir ce qu'est l'électricité* » a été évalué selon quatre niveaux croissants : Non Atteint (NA), Partiellement Atteint (PA), Atteint (A) et Dépassé (D). Pour rappel, dans l'exercice 1 de l'évaluation, les élèves devaient donner une définition de ce qu'est l'électricité ainsi que deux exemples permettant d'expliquer comment elle peut être fabriquée. Voici comment les différents degrés d'acquisition de cette compétence ont été attribués aux élèves :

- Non Atteint (NA) : l'élève n'a donné aucune définition et aucun exemple.
- Partiellement Atteint (PA) : l'élève a donné une définition et/ou un exemple.
- Atteint (A) : l'élève a donné une définition et deux exemples.
- Dépassé (D) : l'élève a donné une définition et plus de deux exemples.

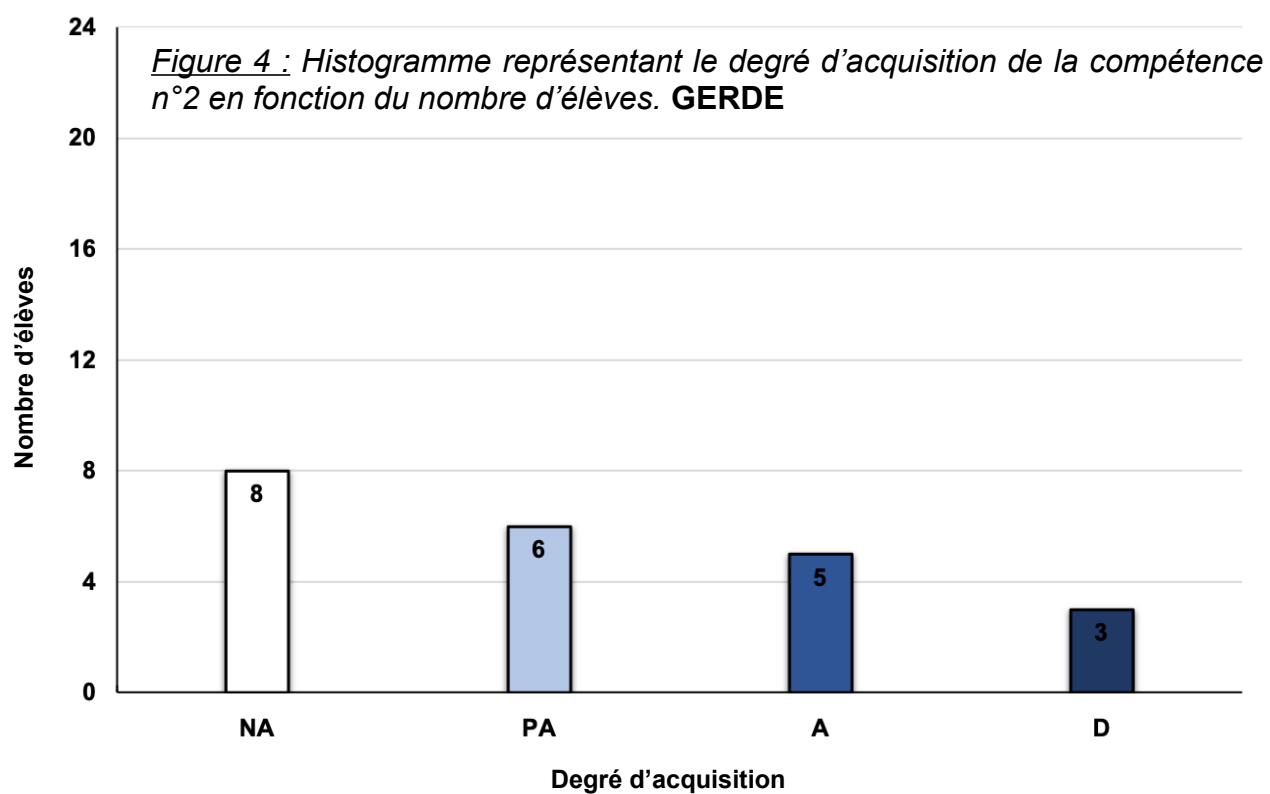
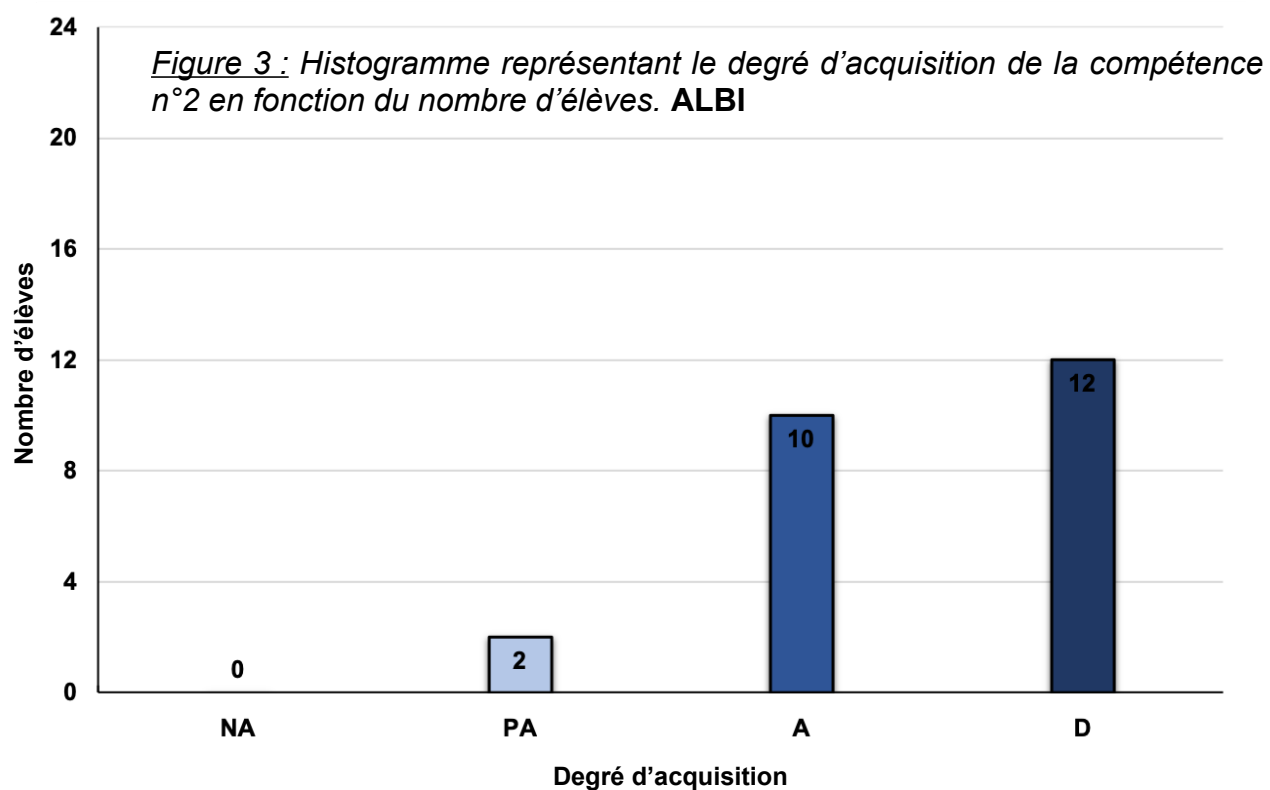
Les résultats obtenus pour l'exercice 1 sont présentés dans les histogrammes indiquant le degré d'acquisition de la compétence n°1 en fonction du nombre d'élèves pour la classe d'Albi (*Figure 1*) et pour la classe de Gerde (*Figure 2*). Nous observons que pour la classe d'Albi, le degré non atteint est celui qui a été le plus attribué avec 12 élèves qui l'ont obtenu. Pour ce qui est des trois autres degrés d'acquisition, nous pouvons voir que les résultats sont quasiment répartis de manière équitable avec respectivement 4 élèves qui ont partiellement atteint la compétence, 5 élèves qui l'ont atteinte et 3 élèves qui l'ont dépassée. En ce qui concerne la classe de Gerde, les résultats sont répartis de manière homogène, avec toutefois encore un plus grand nombre d'élèves qui n'a pas atteint la compétence : 6 élèves l'ont partiellement atteinte, 4 élèves l'ont atteinte et autant l'ont dépassée.

Ainsi, en comparant les résultats des deux classes, nous observons que c'est le degré d'acquisition « Non Atteint » qui a été le plus attribué. La compétence « *être capable de définir ce qu'est l'électricité* » n'a donc pas été atteinte par la moitié des élèves pour la classe d'Albi et par un tiers des élèves de la classe de Gerde. Par ailleurs, la proportion d'élèves ayant atteint ou dépassé la compétence est la même dans les deux classes avec 8 élèves de chaque côté.

En lien avec la thématique de recherche retenue, pour cette compétence l'influence de la manipulation sur la mémorisation à long terme procédurale n'est pas observable puisque les deux séances ont été menées de la même manière dans les deux classes. De plus, il s'agit de savoirs pouvant être déclarés et appartenant donc à la mémoire à long terme déclarative. Néanmoins, nous pouvons proposer une explication pour cette proportion d'élèves n'ayant pas atteint la compétence au regard des études présentées dans le cadre théorique.

Tout d'abord, comme Jean Piaget l'a décrit dans ses stades de développement de l'enfant, celui des opérations concrètes va conduire l'enfant à être capable de structurer sa pensée. Ce passage vers l'abstraction pour développer une pensée représentative se fait alors de manière progressive au cours du stade. Les élèves de CE2 étant par ailleurs en plein cœur de la tranche d'âge définie par l'auteur pour ce stade (entre 2 et 11 ans), il paraît logique que cet exercice ait posé problème pour une partie d'entre eux qui sont en train de construire leur pensée. De plus, Jean Piaget précise que le langage se développe et devient un outil pour aider l'enfant à structurer sa pensée. Les compétences langagières propres à chaque élève jouent alors un rôle dans leur capacité à répondre correctement à la question qui leur a été posée. Les différences de longueur de réponse observées dans les copies des élèves témoignent de l'hétérogénéité de ces compétences. Enfin, il est important de préciser que les savoirs à mobiliser pour répondre à cet exercice étaient les plus anciens dans la mémoire des élèves. Ils correspondent à des connaissances apprises au cours de la première séance de la séquence d'enseignement. Fabien Dworzak explique à ce sujet qu'un « *réseau de mémoire se réveille lorsque le souvenir qu'il représente est réactivé par une évocation* » (Dworzak, 2004). Ana Maria Soprano et Juan Narbona ajoutent que « *la convocation d'une information est d'autant plus aisée qu'elle aura été enregistrée de multiples manières et associée à d'autres éléments déjà mémorisés* » (Soprano & Narbona, 2009). Ainsi, la proportion d'élèves n'ayant pas réussi à définir ce qu'est l'électricité ni à donner d'exemples de sa fabrication s'explique par le fait que les savoirs en jeu n'ont pas été remobilisés dans la suite de la séquence.

2. RÉSULTATS POUR LA COMPÉTENCE N°2



Le degré d'acquisition de la compétence n°2 « être capable de faire briller une ampoule (reliée à une pile, réaliser un montage en série, avec un interrupteur) » a été évalué selon quatre niveaux croissants : Non Atteint (NA), Partiellement Atteint (PA), Atteint (A) et Dépassé (D). Trois exercices ont permis d'évaluer le degré d'acquisition de cette compétence. L'exercice 2 où les élèves devaient colorier les ampoules suivant qu'elles allaient s'allumer ou non en fonction de leur placement sur les bornes de la pile. L'exercice 3 où les élèves devaient compléter un schéma pour que l'ampoule s'allume loin de la pile et enfin l'exercice 4 où les élèves devaient à nouveau compléter un schéma pour que l'ampoule puisse être allumée ou éteinte avec un interrupteur. Rappelons que c'est pour l'évaluation de cette compétence que les mises en œuvre en classe ont été différentes. La classe d'Albi a manipulé des circuits électriques simples ainsi que les différents constituants de ces derniers, tandis que la classe de Gerde a travaillé uniquement à partir de fiches, de recherches documentaires et de vidéos. Voici comment les différents degrés d'acquisition de cette compétence ont été attribués aux élèves :

- Non Atteint (NA) : l'élève n'a réussi aucun des trois exercices.
- Partiellement Atteint (PA) : l'élève a réussi un des trois exercices.
- Atteint (A) : l'élève a réussi deux des trois exercices.
- Dépassé (D) : l'élève a réussi les trois exercices.

Les résultats obtenus pour ces trois exercices sont présentés dans les histogrammes représentant le degré d'acquisition de la compétence n°2 en fonction du nombre d'élèves pour la classe d'Albi (*Figure 3*) et pour la classe de Gerde (*Figure 4*). Nous observons que pour la classe d'Albi, le degré dépassé est celui qui a été le plus attribué avec 12 élèves qui ont réussi les trois exercices. 10 élèves ont atteint la compétence en réussissant deux des trois exercices, 2 élèves ont partiellement atteint la compétence en ne réussissant qu'un des trois exercices. Aucun élève n'a pas au moins réussi un exercice. Il n'y a donc pas de degré non atteint attribué dans cette classe. En ce qui concerne les résultats obtenus pour les élèves de Gerde, nous observons une nette différence. En effet, 8 élèves n'ont pas atteint la compétence en ne réussissant aucun des trois

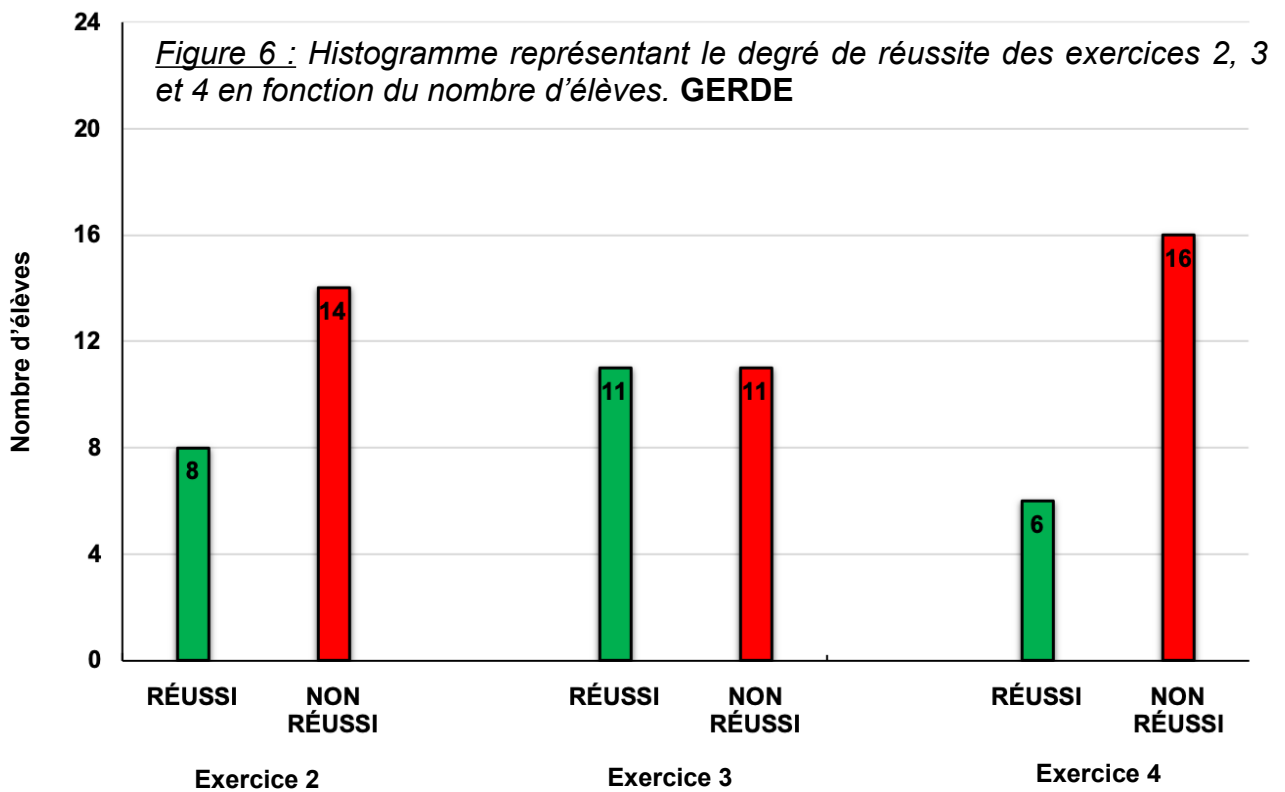
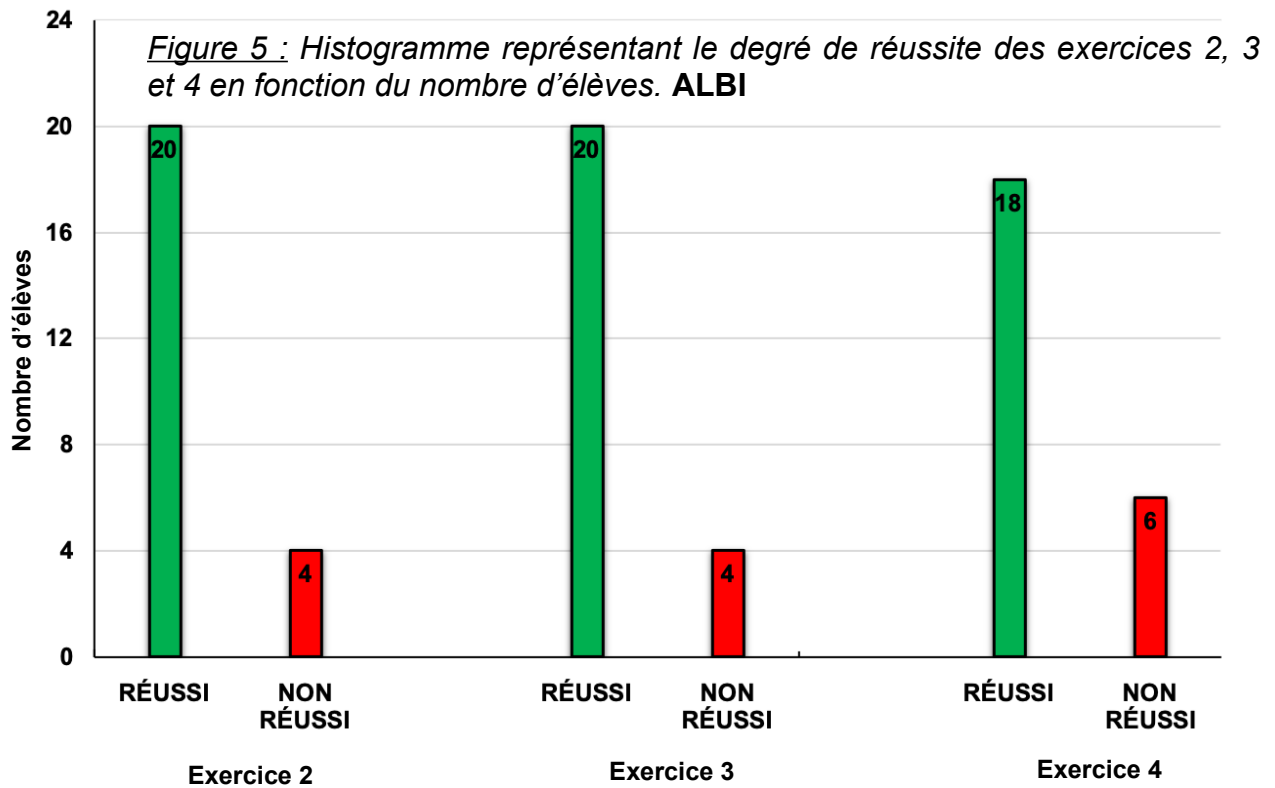
exercices et 6 élèves l'ont partiellement atteinte en réussissant un des trois exercices. 5 élèves ont atteint la compétence en réussissant deux des trois exercices et 3 élèves ont obtenu le degré dépassé en réussissant l'intégralité des exercices.

Cette comparaison des résultats obtenus par les deux classes met en lumière une meilleure réussite pour l'acquisition de la compétence n°2 (« être capable de faire briller une ampoule (reliée à une pile, réaliser un montage en série, avec un interrupteur) ») pour les élèves d'Albi ayant manipulé par rapport aux élèves de Gerde n'ayant pas manipulé. En effet, 22 élèves sur 24 ont atteint la compétence pour la classe d'Albi et aucun d'entre eux n'a pas réussi au moins un exercice. En revanche, pour la classe de Gerde, seulement 8 élèves ont atteint la compétence tandis que 14 d'entre eux n'ont réussi aucun ou un seul des trois exercices. Ainsi, la comparaison des résultats obtenus par les deux classes pour l'acquisition de la compétence n°2 permet d'apporter les premiers éléments de réponse à la problématique retenue pour ce mémoire de recherche puisqu'elle permet de voir l'influence qu'a eu la manipulation sur la mémorisation des procédures. En effet, pour réussir les exercices évaluant cette compétence, ce sont des savoirs procéduraux que les élèves ont dû mobiliser. Ces derniers ont soit été mis en œuvre par les élèves eux-mêmes pour la classe d'Albi ou bien observés dans une vidéo et des recherches documentaires pour la classe de Gerde.

Au regard des meilleurs résultats obtenus pour l'acquisition de la compétence n°2 par la classe d'Albi, il semblerait que la manipulation ait favorisé la mémorisation des procédures. Pour étayer cette analyse, nous pouvons tout d'abord nous appuyer sur les travaux d'André Giordan, qui dans son ouvrage « Apprendre », souligne le fait que « l'examen des apprentissages réussis met toujours en évidence l'importance du terrain, du milieu concret ». Pour lui, « les expériences laissent souvent une empreinte plus large qui favorise l'appropriation et la mémorisation » (Giordan, 2002). C'est ce que nous observons dans le cadre de l'étude comparative réalisée dans ce travail de recherche. En effet, pour la classe d'Albi ayant manipulé, les savoirs procéduraux à mobiliser pour répondre à

chacun des exercices ont ravivé les souvenirs des investigations menées. Ces investigations faisaient suite à des questionnements afin d'élaborer la réponse aux problèmes posés. En ce qui concerne la classe de Gerde qui n'a pas manipulé, la grande proportion d'élèves n'ayant pas atteint la compétence ou l'ayant partiellement atteint peut alors s'expliquer par le fait que les savoirs procéduraux à mobiliser pour réussir les exercices n'étaient pas en lien avec un questionnement personnel. À ce sujet, André Giordan ajoute que « *tout savoir est une réponse à une question. La question est un des moteurs de l'apprendre : elle engage un processus où s'insère l'activité* » (Giordan, 2002). Avec Gérard De Vecchi il a expliqué que l'observation de résultats faisant suite à des activités imaginées par l'enseignant ne suffisent pas pour que les élèves s'approprient les connaissances en jeu. Ainsi, pour les élèves de Gerde, aucun questionnement à tester n'a donc été soulevé puisqu'ils ont directement eu la réponse aux problèmes posés par l'intermédiaire d'une vidéo ou d'une recherche documentaire. À contrario, pour les élèves d'Albi, il s'est agi d'une tâche singulière dans l'année scolaire, contrairement au visionnage d'une vidéo ou à une recherche documentaire qui sont des tâches plus courantes et donc moins marquantes pour les élèves. Ce dernier point que nous venons de soulever ici permet de faire un lien avec l'impact de la manipulation sur la motivation des élèves. En effet, contrairement à la classe de Gerde, les savoirs procéduraux à acquérir ont été mis en œuvre par les élèves eux-mêmes au cours de la séquence dans la classe d'Albi. Les élèves ont alors été engagés émotionnellement lors de chaque séance, quand ils ont pu manipuler du matériel électrique, en éprouvant par exemple de la satisfaction en parvenant à résoudre le problème posé pour allumer l'ampoule loin de la pile. L'étude de Maria Arcà fait état d'un lien étroit entre les fonctionnements cérébraux générant les émotions et la mémorisation de nouvelles connaissances. Selon elle, la motivation des élèves engendrée par la manipulation leur permettrait alors de mieux retenir les connaissances scientifiques associées. Ainsi, les meilleurs résultats obtenus par la classe d'Albi concernant l'acquisition de cette compétence semblent renforcer le postulat que la manipulation favorise la mémorisation des procédures notamment au travers de la motivation qu'elle suscite chez les élèves.

3. RÉSULTATS POUR LES EXERCICES ÉVALUANT LA COMPÉTENCE N°2



Le degré d'acquisition de la compétence n°2 « être capable de faire briller une ampoule (reliée à une pile, réaliser un montage en série, avec un interrupteur) » a été évalué selon quatre niveaux croissants par l'intermédiaire de trois exercices. Nous venons de voir que cette évaluation a prouvé une meilleure acquisition de cette compétence par les élèves d'Albi ayant manipulé, en comparaison avec les élèves de Gerde qui n'ont réalisé aucune manipulation. Ainsi, de manière à observer avec plus de précision encore cette influence de la manipulation sur la mémorisation des savoirs procéduraux mise en lumière dans la partie précédente, les résultats obtenus par les deux classes pour chacun des trois exercices ont été recensés. Ces derniers sont présentés dans les histogrammes représentant le degré de réussite pour chaque exercice en fonction du nombre d'élèves pour la classe d'Albi (*Figure 5*) et pour la classe de Gerde (*Figure 6*).

L'exercice 2 a été considéré comme réussi lorsque les élèves ont colorié de la bonne couleur les différentes ampoules. Dès lors qu'ils ont eu une erreur, l'exercice a été considéré comme non réussi. Les exercices 3 et 4 ont été considérés comme réussis lorsque les élèves ont correctement représenté et positionné les fils électriques permettant d'allumer l'ampoule loin de la pile et avec un interrupteur. Dans le cas contraire, les exercices ont été considérés comme non réussis.

Tout d'abord, nous pouvons porter un regard aux résultats obtenus pour la classe d'Albi pour laquelle nous observons que les exercices 2 et 3 ont été réussis par 20 élèves. 6 élèves n'ont pas réussi l'exercice 4. Par conséquent, il s'agit de l'exercice qui a été le moins réussi par cette classe avec toutefois une plus grande proportion d'élèves qui l'a réussi. Ensuite, pour ce qui est des résultats de la classe de Gerde, nous pouvons voir que l'exercice 3 est celui qui a été le mieux réussi avec la moitié des élèves de cette classe qui l'a réussi. Les exercices 2 et 4 ont été non-réussis pour respectivement 14 et 18 élèves. Il s'agit donc des deux exercices qui ont été les moins réussis pour cette classe. Les résultats obtenus pour chacun des trois exercices évaluant la compétence n°2 dans les deux classes montrent que l'exercice 3 a été le mieux réussi. L'exercice 2 a été aussi

bien réussi que l'exercice 3 pour la classe d'Albi, ce qui n'est en revanche pas le cas pour la classe de Gerde pour laquelle plus de la moitié des élèves ont échoué. Enfin, l'exercice 4 a été le moins bien réussi pour les deux classes.

Comme décrit précédemment, afin de permettre l'acquisition des savoirs procéduraux mobilisés pour répondre à ces trois exercices, les mises en œuvre en classe ont été différentes pour les deux classes. En lien avec les études présentées dans le cadre théorique, nous allons tenter d'expliquer en quoi la manipulation a pu permettre une meilleure mémorisation des savoirs procéduraux mis en jeu dans chacun des trois exercices.

Intéressons-nous dans un premier temps à l'exercice 2 où les élèves devaient colorier les ampoules suivant qu'elles allaient s'allumer ou non en fonction de leur placement sur les bornes de la pile. Pour réussir cet exercice, les élèves devaient se remémorer les savoirs procéduraux appris en seconde séance. Là ils avaient appris comment placer correctement une ampoule sur une pile pour réussir à ce qu'elle s'allume. La comparaison des résultats obtenus par les deux classes pour cet exercice a mis en évidence une meilleure réussite des élèves d'Albi.

Pour expliquer cette différence de réussite pour cet exercice, nous nous appuyons sur les travaux de Catherine Berdonneau précédemment cités. En effet, cette dernière a expliqué que la manipulation permet aux élèves d'explorer leurs idées au moyen d'une approche concrète et active. Cela a été le cas pour les élèves de la classe d'Albi qui ont manipulé de réelles piles et ampoules ce qui leur a permis d'essayer de positionner de différentes façons possibles l'ampoule sur les bornes de la pile pour parvenir à ce qu'elle s'allume. Par ailleurs, dès lors qu'ils avaient trouvé une façon d'allumer l'ampoule, ils ont alors cherché à en trouver d'autres. Les élèves ont ainsi procédé par essai-erreur pour parvenir à trouver la solution au problème posé. Cette stratégie rendue possible par la possibilité de répéter plusieurs fois l'action en manipulant de petits objets facilement déplaçables contribue selon Catherine Berdonneau à aider les élèves à mieux mémoriser les procédures qu'ils ont employées pour parvenir à résoudre le

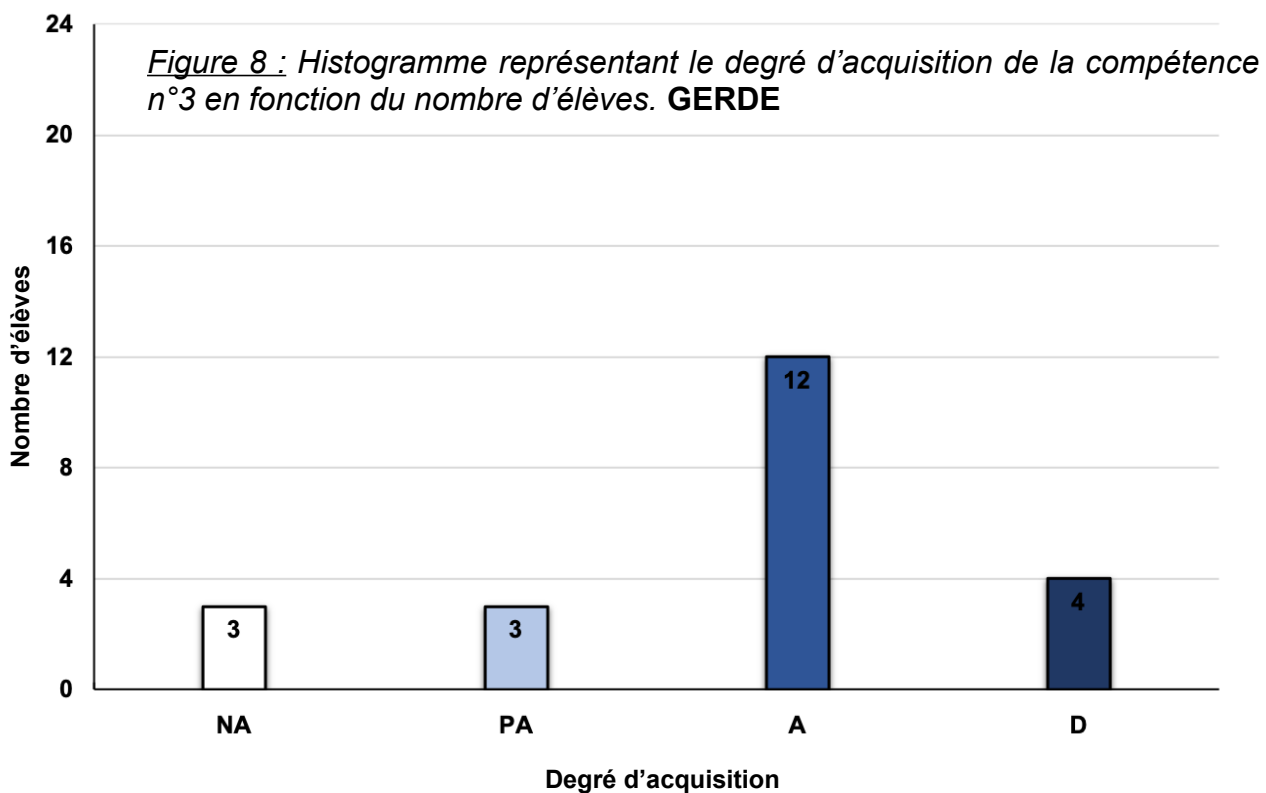
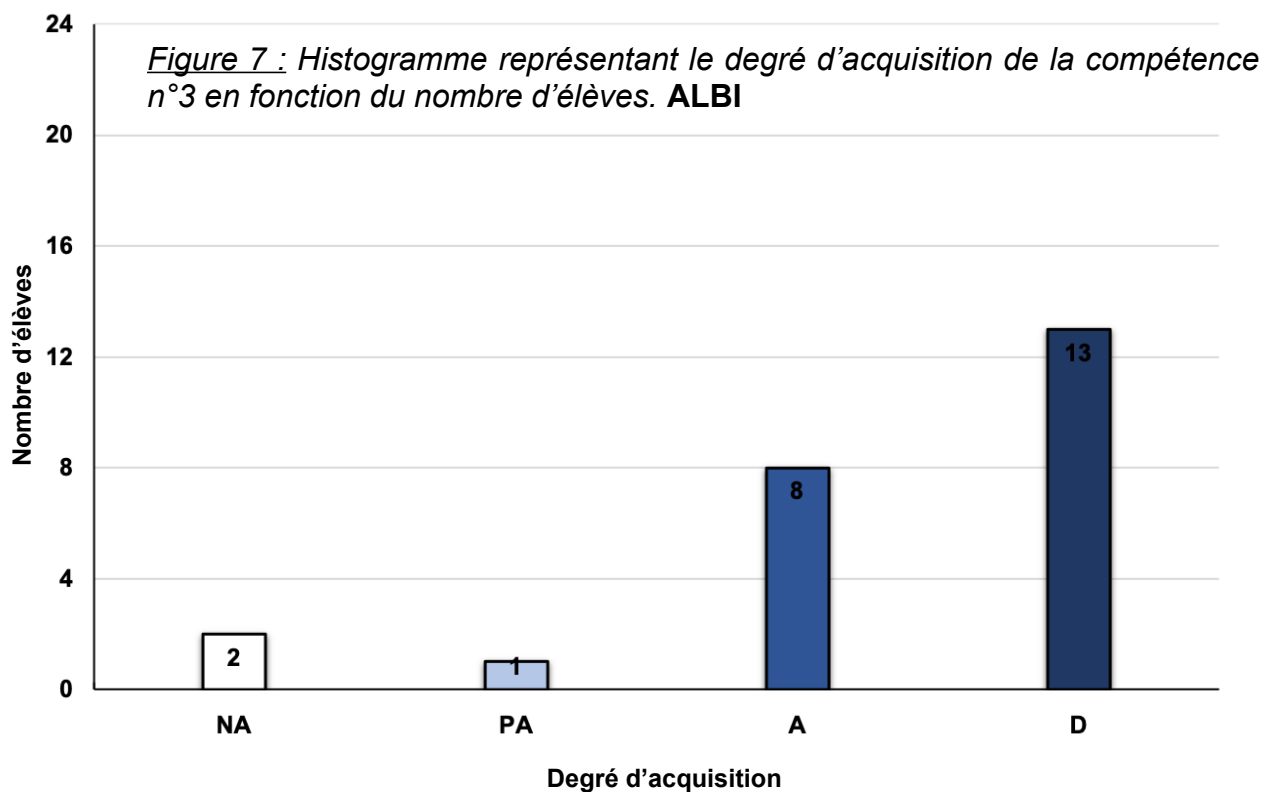
problème posé. Pour répondre à l'exercice 2 de l'évaluation, l'élève a pu se rappeler que lorsqu'il avait positionné une ampoule d'une certaine façon elle ne s'allumait pas alors que lorsqu'il l'avait positionnée d'une autre façon, elle s'allumait.

Ces remarques concernant la réussite des élèves de la classe d'Albi à l'exercice 2 sont également valables pour expliquer leur réussite à l'exercice 3. En effet, dans cet exercice, les élèves devaient compléter un schéma pour que l'ampoule s'allume loin de la pile. Pour réussir cet exercice, les élèves devaient alors se remémorer les savoirs procéduraux appris en troisième séance de la séquence au cours de laquelle ils avaient appris comment des fils électriques, lorsqu'ils sont bien positionnés, permettent d'allumer une ampoule loin d'une pile. Ici encore, les élèves d'Albi avaient pu tester eux-mêmes les différentes procédures qu'ils avaient imaginées. Le travail sur fiche qui a alors été proposé dans la classe de Gerde au cours de ces deux séances ne permet pas l'utilisation des stratégies présentées qui sont rendues possibles par la manipulation. En effet, dans ces exercices, les élèves ne peuvent proposer qu'une réponse qui est ensuite validée ou invalidée par l'enseignant lors d'une correction collective. Les élèves n'ont pas alors la possibilité de revenir sur leur proposition ni même de la tester. Il peut donc être difficile pour eux d'abandonner leur représentation et d'ensuite mémoriser quelle est la bonne procédure en se basant uniquement sur ce que l'enseignant leur montre.

Cette analyse fait écho aux travaux d'André Giordan et Gérard De Vecchi dans lesquels ils expliquent que la réalisation d'expériences par l'enseignant suivies de l'observation de leurs résultats ne suffisent pas pour que les élèves remettent en cause leurs représentations. Au regard des résultats obtenus par la classe de Gerde pour les exercices 2 et 3, il semblerait que le visionnage des vidéos et le travail sur fiche n'ait pas permis aux élèves de mémoriser les savoirs procéduraux en jeu. Il en va de même pour l'exercice 4 dans lequel les élèves devaient compléter un schéma pour que l'ampoule puisse être allumée ou éteinte avec un interrupteur. Pour cela, ils devaient relier des fils électriques permettant de représenter un circuit en série composé de l'ampoule, de l'interrupteur et de la

pile. Cet exercice est celui qui a été le moins réussi par la classe de Gerde. En lien avec les stades de développement de l'enfant de Piaget précédemment mentionnés, les élèves de CE2, au coeur du stade des opérations concrètes développent progressivement une pensée représentative. Catherine Berdonneau explique à ce titre que la manipulation est un outil d'aide à l'élaboration des représentations mentales qui peut notamment aider les élèves à donner du sens à des concepts abstraits. Il semblerait alors que le recours à de la manipulation ait permis aux élèves de la classe d'Albi de mieux réussir cet exercice pour lesquels le dessin de fils électriques permettait d'illustrer le passage du courant électrique.

4. RÉSULTATS POUR LA COMPÉTENCE N°3



Le degré d'acquisition de la compétence n°3 (« *connaître quelques principes élémentaires de sécurité électrique* ») a été évalué selon quatre niveaux croissants : Non Atteint (NA), Partiellement Atteint (PA), Atteint (A) et Dépassé (D). Dans l'exercice 5 permettant d'évaluer cette compétence, les élèves devaient identifier si le personnage est en danger ou en sécurité en fonction de l'utilisation qu'il fait des appareils électriques. Les images étaient extraites du poster qui avait servi de support à la découverte des règles élémentaires de sécurité en dernière séance. Voici comment les différents degrés d'acquisition de cette compétence ont été attribués aux élèves :

- Non Atteint (NA) : l'élève n'a donné aucune bonne réponse.
- Partiellement Atteint (PA) : l'élève a donné deux bonnes réponses.
- Atteint (A) : l'élève a donné trois bonnes réponses.
- Dépassé (D) : l'élève a donné quatre bonnes réponses.

Les résultats obtenus pour l'exercice 5 sont présentés dans les histogrammes représentant le degré d'acquisition de la compétence n°3 en fonction du nombre d'élèves pour la classe d'Albi (*Figure 7*) et pour la classe de Gerde (*Figure 8*). Nous pouvons voir que pour la classe d'Albi le degré « Dépassé » est celui qui a été le plus attribué avec 13 élèves qui l'ont obtenu. 8 élèves ont atteint la compétence, ce qui signifie que dans cette classe 21 élèves ont donné trois bonnes réponses ou plus. Enfin, 1 élève a partiellement atteint la compétence et 2 élèves ne l'ont pas atteinte. Pour ce qui est de la classe de Gerde, le degré qui a été le plus attribué est « Atteint », avec 12 élèves. 4 élèves l'ont dépassée, 3 l'ont partiellement atteinte et autant ne l'ont pas atteinte.

En comparant les résultats des deux classes, nous observons que ce sont les degrés d'acquisition « Atteint » et « Dépassé » qui ont été les plus attribués. Ainsi, la compétence « *connaître quelques principes élémentaires de sécurité électrique* » a été atteinte par plus de la moitié des élèves pour les deux classes. Par ailleurs, la proportion d'élèves ayant « Atteint » ou « Partiellement Atteint » est sensiblement la même pour les deux classes (3 élèves à Albi contre 6 élèves à Gerde).

Comme pour l'exercice 1, l'exercice 5 permet de porter un regard sur la mémorisation de savoirs déclaratifs puisque ce dernier exercice mobilise des savoirs qui peuvent être expliqués et qui ne font pas l'objet de la maîtrise de savoirs procéduraux. Nous rappelons que les deux séances ont été menées de la même manière dans les deux classes à partir du même support. Il est donc possible de proposer une explication pour cette grande proportion d'élèves ayant atteint la compétence au regard des études présentées dans le cadre théorique.

En premier lieu, il convient de préciser que contrairement à la compétence n°1, les savoirs mobilisés pour répondre à cet exercice sont les plus récents dans la mémoire des élèves puisqu'ils mobilisent des connaissances apprises lors de la dernière séance de la séquence. De plus, ces savoirs font écho à l'univers de référence des enfants pour lesquels les gestes à respecter en terme de sécurité électrique sont répétés depuis leur plus jeune âge. Ana Maria Soprano et Juan Narbona expliquent à ce titre que pour favoriser la mémorisation de ce type de règle, « *il s'agit d'agréger des informations à des connaissances antérieures ou à des pratiques de référence* ». Ce qui est ici le cas avec les situations de la vie quotidienne en lien avec la sécurité électrique. Ils précisent également que « *la mémorisation résulte de mécanismes de mise en relation, de connexion dans des réseaux de savoirs, mais également d'interactions, de confrontations, de reformulations* ». L'ensemble de ces mécanismes ont été favorisés en classe lors de la mise en œuvre de cette séance avec l'explicitation des situations dangereuses observées sur le poster. En effet, dans les deux classes, cette activité a suscité des réactions chez les enfants qui ont alors fait des liens entre les situations représentées et leur vécu personnel pour expliquer avec leurs propres mots pourquoi la personne pouvait potentiellement être en danger ou non. Enfin, contrairement à l'exercice 1, les savoirs à mobiliser pour répondre à cet exercice ne demandaient pas de compétences langagières particulières puisque les élèves n'avaient qu'un mot à écrire sous chaque image afin de témoigner du caractère dangereux ou sécuritaire de la situation représentée. En lien avec le stade des opérations concrètes de Jean Piaget précédemment décrit dans l'analyse des résultats de l'exercice 1, le langage en cours de développement chez les enfants n'a pas été une contrainte pour pouvoir réussir l'exercice.

5. DISCUSSION

Dans la dernière partie de ce travail de recherche, nous allons présenter les limites de l'étude comparative qui a été menée avec les deux classes de CE2 dont les résultats viennent d'être présentés et analysés dans la partie précédente. Nous porterons tout d'abord un regard global sur les conditions de mise en œuvre de l'étude comparative nuanciant les résultats obtenus par les deux classes. Puis, dans un second temps, nous nous intéresserons aux limites de l'évaluation sommative qui a été proposée aux deux classes.

Dans un premier temps, penchons-nous sur les conditions de mise en œuvre de l'étude comparative qui a permis d'étudier le rôle que joue la manipulation dans la mémorisation à long terme procédurale. L'hypothèse retenue pour répondre à la problématique de recherche était que la manipulation favorise la mémorisation à long terme des savoirs procéduraux. Pour tester cette hypothèse, une étude comparative sur deux classes différentes de CE2 a alors été menée au travers d'une séquence d'enseignement en lien avec l'étude de l'électricité. L'acquisition des savoirs procéduraux s'est faite avec la manipulation du matériel électrique pour la classe d'Albi et avec des supports documentaires et des vidéos pour la classe de Gerde. Les résultats obtenus par ces deux classes à l'évaluation sommative ont mis en évidence de meilleurs résultats pour les élèves de la classe d'Albi. Ces résultats ont alors permis de valider l'hypothèse. La manipulation a favorisé la mémorisation à long terme des procédures. Toutefois, il est important d'apporter quelques nuances à ces résultats. Tout d'abord, l'échantillon d'élèves qui a permis de tester l'hypothèse est relativement faible puisque seulement deux classes (46 élèves) ont participé à l'étude comparative. Par ailleurs, aucun élève possédant des troubles des apprentissages ou bien un handicap ne faisait partie de l'échantillon testé. Il convient donc de ne pas généraliser ces résultats à l'ensemble des élèves de cycle 2. Ainsi, de manière à avoir des résultats beaucoup plus représentatifs de l'influence de la manipulation sur la mémorisation à long terme procédurale, il aurait été pertinent de mener cette étude comparative sur un plus grand nombre de classes de CE2. De plus un autre paramètre ayant une influence indirecte sur les résultats obtenus est

également à prendre compte pour les nuancer. Il s'agit de la motivation des élèves. En effet, comme soulevé précédemment dans l'analyse des résultats obtenus par les deux classes pour l'acquisition de la compétence n°2, la manipulation a favorisé la mémorisation des procédures pour la classe d'Albi grâce à la motivation qu'elle a suscité chez les élèves. En effet, au cours des séances, les élèves de la classe d'Albi ont pu eux-mêmes mettre en œuvre les différentes procédures permettant de résoudre les problèmes posés. Les élèves d'Albi ont été très motivés à l'idée de manipuler du véritable matériel électrique. C'était une première pour ces élèves qui n'en avaient jamais eu entre les mains. En lien avec la théorie de l'autodétermination d'Edward Deci et Richard Ryan présentée dans le cadre théorique, la manipulation de ces objets a permis ici de favoriser la motivation intrinsèque des élèves. Chacun d'entre eux s'est engagé dans les différentes tâches proposées pour l'intérêt qu'elles présentaient en elle-même sans l'attrait de récompense extérieure.

À contrario, il a été difficile de motiver les élèves de Gerde pour les différents travaux sur fiche qui leur ont été proposés. En effet, il s'agit d'une tâche scolaire qu'ils ont l'habitude de réaliser et pour laquelle ils travaillent toujours de manière individuelle. Il est d'ailleurs important de préciser que les élèves d'Albi étaient quant à eux répartis en petits groupes lors de chaque séance avec manipulation. Ley Vygotsky, célèbre psychologue connu pour ses nombreuses recherches, a présenté un modèle dit socio-constructiviste où, selon lui, l'intelligence se développe dans les outils psychologiques que l'enfant trouve dans son environnement. Il apprend en interagissant et en confrontant ses idées avec les autres enfants ou les adultes, provoquant alors l'émergence de conflits socio-cognitifs. Dans le cadre d'une activité scolaire, ce terme désigne alors l'ensemble des réactions que peuvent avoir les élèves quand ils confrontent leurs conceptions contradictoires lors de leurs interactions communicationnelles. Ainsi, au cours des séances de manipulation de la classe d'Albi, les phases de discussion collective et les phases de recherche en petits groupes ont été des occasions pour les élèves d'éprouver des conflits socio-cognitifs. Ce qui n'a pas été le cas pour les élèves de Gerde où l'absence de confrontations n'a pas permis de faire émerger des procédures différentes de celles qui ont été pensées dans le cadre de leurs

réflexions individuelles. Il aurait donc été intéressant de rendre les activités documentaires plus attrayantes pour les élèves de manière à ce que la motivation soit la même pour les deux classes. Le recours à des activités mobilisant le numérique aurait alors pu être une solution pour favoriser la motivation des élèves de Gerde. Des outils numériques comme les tablettes auraient par ailleurs pu permettre de faire varier les modalités de regroupement des élèves de cette classe en les répartissant en petits groupes à certains moments.

Passons maintenant à la présentation des limites de l'évaluation qui a été proposée aux élèves au regard des résultats obtenus par les deux classes. Revenons dans un premier temps sur les exercices 3 et 4 où les élèves devaient compléter deux schémas respectivement pour qu'une ampoule s'allume loin de la pile puis avec un interrupteur. Pour ces deux exercices, les différents objets issus du matériel électrique à relier étaient déjà représentés : dans l'exercice 3, il y avait la pile et l'ampoule et dans l'exercice 4, il y avait en plus l'interrupteur. L'exercice 3 était alors relativement simple puisque les élèves n'avaient qu'à ajouter deux fils électriques partant des bornes de la pile en direction de l'ampoule. Il en va de même pour l'exercice 4 où les élèves devaient compléter le schéma en ajoutant quatre fils électriques. Néanmoins, une des difficultés rencontrée par les élèves pour cet exercice concerne peut être le fait que la pile, l'interrupteur et l'ampoule étaient sur quasiment sur le même plan. Alors que, lorsque les élèves ont manipulé ou qu'ils ont visionné la vidéo, sur le montage en série, l'ampoule se trouvait tout en haut, l'interrupteur au milieu et la pile en bas. Par ailleurs, le schéma symbolisant l'interrupteur n'était pas forcément représentatif de l'interrupteur manipulé ou vu dans la vidéo. Les éléments que nous venons de souligner ici ont peut être pu avoir une influence sur les résultats des élèves pour ces deux exercices. Ainsi, de manière à neutraliser ces paramètres, et pour pouvoir observer plus finement encore l'influence de la manipulation sur la mémorisation des procédures, il aurait été pertinent de donner comme consigne aux élèves pour ces deux exercices de réaliser eux mêmes les deux schémas sans aucun élément déjà placés. Dans le même esprit, dans l'exercice 2, il aurait également pu être demandé aux élèves de réaliser un schéma illustrant une façon

pour que l'ampoule s'allume sur les bornes de la pile et une façon pour qu'elle ne s'allume pas.

Enfin, en ce qui concerne l'exercice 5, les élèves devaient identifier si le personnage est en danger ou en sécurité en fonction de l'utilisation qu'il fait des appareils électriques. Pour témoigner de la bonne compréhension du caractère de la situation représentée sur les différentes images, les élèves devaient inscrire sous chacune d'elle les mots « sécurité » ou « danger ». En lien avec le stade des opérations concrètes de Jean Piaget, les compétences langagières en cours de développement chez les enfants n'ont pas été ici une contrainte pour pouvoir réussir l'exercice. Néanmoins, les élèves, en ayant uniquement à choisir entre deux mots, avaient une chance sur deux d'avoir juste. Il était donc possible pour eux de répondre au hasard et de tout de même réussir à partiellement atteindre ou carrément atteindre la compétence. À ce titre, il est intéressant de noter qu'un élève dans chaque classe a expliqué avec ses propres mots ce qu'il observait sur les images et a donc contourné la consigne de l'exercice (*Annexe 2*). Cette observation met en lumière une autre possibilité pour évaluer l'acquisition de la compétence n°3 qui aurait certainement été plus fiable afin de mesurer le degré d'acquisition de cette compétence. Il aurait sans doute été plus pertinent de demander aux élèves d'expliquer en quelques phrases seulement ce qu'ils observaient sur les situations représentées. Il aurait alors été possible d'apprécier plus finement la compréhension de l'élève qui aurait alors dû expliquer en quoi certaines situations peuvent représenter un danger au regard des règles de sécurité électrique à respecter.

Dans le travail de recherche qui vient d'être présenté dans ce mémoire j'ai cherché à étudier le rôle que peut jouer la manipulation en sciences pour la mémorisation à long terme procédurale. Les différents articles et ouvrages de recherche mentionnés dans le cadre théorique avaient orienté ma problématique de recherche : savoir si le passage par la manipulation favorise ou non la mémorisation des procédures à long terme. Mon hypothèse était que la manipulation favorise effectivement la mémorisation des savoirs procéduraux. J'ai alors testé cette dernière par l'intermédiaire d'une étude comparative menée sur deux classes de CE2. Une séquence d'enseignement en lien avec l'électricité a servi de support pour cette étude pour laquelle une classe a manipulé du matériel électrique tandis que l'autre a travaillé à partir de supports documentaires. De manière à vérifier si la manipulation a une influence sur la mémorisation à long terme des procédures, la même évaluation a été donnée aux deux classes deux mois après la dernière séance. Les résultats obtenus ont alors mis en évidence une meilleure réussite pour la classe ayant manipulé. Ces résultats ont toutefois été nuancés en raison du faible échantillon qui a été mobilisé pour mener cette étude comparative.

Je souhaiterais conclure ce mémoire en citant une fois de plus André Giordan qui dans « *Apprendre !* » précise que « *les activités en classe doivent devenir le lieu de la libre investigation, d'un contact vivifié avec les objets, les lieux et les êtres vivants. L'enfant peut y manifester son pouvoir, y déployer sa créativité.* » (Giordan, 2002). Ainsi, ce travail de recherche a été enrichissant pour ma pratique professionnelle future car il m'a permis de réaliser que l'enseignant conditionne le désir d'apprendre de ses élèves et leur engagement personnel en fonction des activités qu'il leur propose et qui doivent susciter leur motivation. J'ai pu voir que la manipulation est une de ces activités et qu'elle peut être une aide pour mémoriser de nouvelles connaissances. En portant une attention particulière aux besoins de tous les élèves, je m'attacherai à proposer dès que possible de la manipulation, pas uniquement en sciences, afin de permettre à mes élèves d'être en réussite et de ressentir le plaisir d'apprendre.

ANGUENOT, Gregory. *La démarche d'investigation au collège : quand les élèves mènent.* 2012.

ARCÀ, Maria. *La représentation scientifique de la réalité : expérience et expérimentation ?* 1999.

ASTOLFI, Jean Pierre. *Comment les enfants apprennent les sciences ?* 1998.

BERDONNEAU, Catherine. *De l'importance des gestes pour l'apprentissage des concepts mathématiques.* 2006.

BOULE, François. *Manipuler, organiser, représenter prélude aux mathématiques.* 1985.

CROISILE, Bernard. *Approche neurocognitive de la mémoire.* 2009.

DECI Edward, RYAN Richard. *La théorie de l'autodétermination.* 1985.

DE LA GARANDERIE, Antoine. *Pédagogie des moyens d'apprendre : les enseignants face aux profils pédagogiques.* 1996.

DE VECCHI Gérard, GIORDAN André. *L'enseignement scientifique, comment faire pour que ça marche ?* 2002.

LE PETIT LAROUSSE ILLUSTRÉ. 2010.

DWORCZAK, Fabien. *Neurosciences de l'éducation : cerveau et apprentissage.* 2004.

EQUIPE SCIENCES COGNITIVES. *Les neurosciences pour l'école et les familles de mémoire.* 2015.

EUSTACHE, François. *La mémoire humaine : ses composantes et ses processus.* 2015.

EUSTACHE François, DESGRANGES Béatrice. *Les chemins de la mémoire.* 2010.

FONDATION LA MAIN À LA PÂTE. *Guide méthodologique : la démarche d'investigation : comment faire en classe ?.* 2015.

GAVENS Nathalie, CAMOS Valérie. *La mémoire de travail : une place centrale dans les apprentissages scolaires fondamentaux.* 2006.

GIORDAN, André. *Apprendre !* 2002.

HEBRARD, Jean. *L'histoire de l'enseignement des sciences en France.* 1997.

LIEURY Alain, DUPONT Jean-Claude, BRIONT Serge. *Mémoire.* 2004.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale spécial n°2.* 2015.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale spécial n°11.* 2015.

PIAGET, Jean. *La psychologie de l'enfant.* 1966.

P.R PINTRICH, B. SCHRAUBEN. *La motivation des élèves et leur engagement cognitif dans les tâches en classes.* 1992.

SOPRANO Ana Maria, NARBONA Juan. *La mémoire de l'enfant.* 2009.

VALLERAND, ROBERT, THILL. Edgar *Introduction à la psychologie de la motivation.* 1993.

VAN DER LINDEN, Martin. *Une approche cognitive du fonctionnement de la mémoire épisodique et de la mémoire autobiographique.* 2003.

VYGOSTKY, Ley. *Psychologie pédagogique.* 1926.

ZEITOUN, Stéphanie. *La revue pour l'éducation : cerveau et apprentissage, que dit la science ?* 2014.

Annexe 1. Évaluation passée par les deux classes de CE2.

ÉVALUATION ÉLECTRICITÉ - CE2	NA	PA	A	D
Être capable de définir ce qu'est l'électricité.				
Être capable de faire briller une ampoule (relier à une pile, réaliser un montage en série, avec un interrupteur).				
Connaître quelques principes élémentaires de sécurité électrique.				

1

Donne une définition de ce qu'est l'électricité et deux exemples pour expliquer comment elle peut être fabriquée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2

Colorie en jaune les ampoules qui peuvent s'allumer.
Colorie en gris les ampoules qui ne peuvent pas s'allumer.



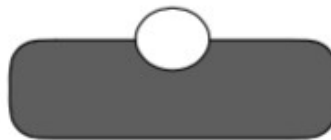
3

Complète le schéma pour que l'ampoule s'allume loin de la pile.



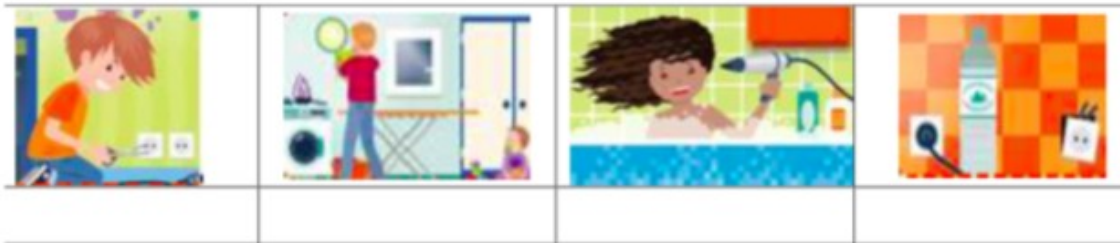
4

Complète le schéma pour que l'ampoule s'allume avec l'interrupteur.


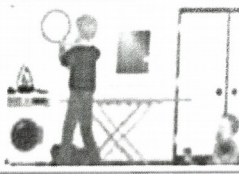





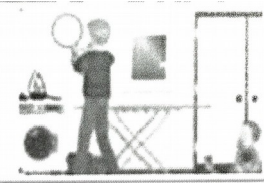
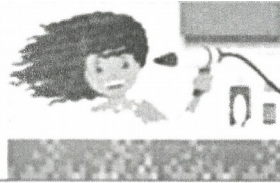

5

Écris sous chaque image le mot sécurité ou danger.



Annexe 2. Réponses observées à l'exercice 5.

			
le garçon s'approche de la prise s'approche	le père à portée de la prise se repointe sur la prise	la mère se fêche les cheveux dans son bain	la prise est branchée à côté de l'évier

			
il peut s'électrocuter si il met le doigt dans la prise	le bébé peut se faire choper ne pas mettre	elle peut tomber dans l'eau	elle peut se faire choper