

MASTER METIERS DE L'ÉDUCATION, DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA FORMATION	
Mention	Parcours
Premier degré	Master 2 / PFPA2
Site de formation :	Toulouse

MEMOIRE

La modalité haptique au service de la reconnaissance des formes géométriques au cycle 2

Lola BONNET

Directeur-trice de mémoire (en précisant le statut)	Co-directeur-trice de mémoire (en précisant le statut)
Aurélié Simoës Perlant Maître de conférences HDR en psychologie	Pierre Largy Professeur des universités en psychologie
Membres du jury de soutenance : (en précisant le statut)	
<p>- Aurélié SIMOËS PERLANT (Maître de conférences HDR en psychologie)</p> <p>- Pierre LARGY (Professeur des universités en psychologie)</p>	
Soutenu le 17/06/2019	

Remerciements

Je souhaite en premier lieu remercier ma directrice de mémoire Aurélie Simoës-Perlant pour son encadrement, son aide et ses conseils.

J'exprime ma gratitude à mon assesseur Pierre Largy, pour avoir accepté d'expertiser ce travail de recherche.

Je tiens également à remercier ma famille, pour son soutien sans failles.

Un immense merci à Stéphane, pour avoir toujours cru en moi et m'avoir encouragée au quotidien.

Je voudrais également remercier mes amis et plus particulièrement Marion et Lily, mes plus précieuses rencontres lors de ces années de formation. Merci pour votre aide, votre soutien et pour les moments partagés et à venir.

Résumé

Ce travail de recherche présente la théorie des intelligences multiples de Gardner et porte plus particulièrement sur la prise en compte de l'intelligence kinesthésique en contexte scolaire. L'étude menée vise à percevoir les enjeux de l'exploration tactilo-kinesthésique, notamment dans l'assimilation des propriétés des figures usuelles en géométrie. Pour percevoir les effets de l'ajout de la modalité haptique dans les situations d'apprentissage, a été menée dans une classe de CE2 une expérience où différentes modalités d'exploration des figures géométriques ont été proposées : la modalité visuelle et la modalité haptique. Les résultats recueillis indiquent que les élèves ont une meilleure reconnaissance des formes géométriques lorsque la modalité haptique entre en jeu. Ce résultat va dans le sens des travaux de Pridgge (1978) et de Pinet et Gentaz (2008) selon lesquels une exploration multisensorielle, à la fois visuelle et motrice, aurait un impact bénéfique dans l'identification des figures géométriques usuelles et de leurs propriétés.

Mots-clés : intelligence, théorie des intelligences multiples, intelligence kinesthésique, modalité haptique, modalité visuelle, formes géométriques.

Abstract

This research is based on Gardner's theory of multiple intelligences and focuses on bodily-kinesthetic intelligence in school context. The study aims to show the implications of kinesthetic exploration, particularly in regards to the internalization of the properties of geometrical shapes. To perceive the effects of adding the haptic modality in learning situations, an experiment where different modes of exploration of geometrical shapes was conducted in a class equivalent to 3rd grade of the elementary school: the visual modality and the haptic modality. The results indicate that children have a better recognition of geometrical shapes

when the haptic modality comes into play. This result is in keeping with the work of Pridgge (1978) and Pinet and Gentaz (2008) according to whom a multisensory method, both visual and motor, would have a beneficial impact in the identification of geometrical shapes and their properties.

Key words: intelligence, theory of multiple intelligences, bodily-kinesthetic intelligence, haptic modality, visual modality, geometrical shapes.

Table des matières

Introduction.....	7
Cadre théorique.....	9
I- L'intelligence.....	9
1) Une évolution de la définition de l'intelligence et de sa mesure	9
a. Les premiers outils de mesure de l'intelligence et le quotient intellectuel.....	9
b. La théorie des intelligences multiples d'Howard Gardner	12
2) Les intelligences multiples au sein de la classe de primaire, un outil de développement personnel et cognitif.....	14
3) Focale sur l'intelligence corporelle-kinesthésique	16
II- L'apprentissage par les sens	17
1) L'exploration tactilo-kinesthésique, modalité haptique	20
2) Les effets observés de l'ajout de la modalité haptique dans diverses situations d'apprentissage.....	21
3) La modalité haptique et l'approche kinesthésique dans la reconnaissance des formes géométriques.....	24
Problématique	26
Méthodologie.....	29
1) Population.....	29
2) Matériel.....	30
a) Evaluation diagnostique et post-test	30
b) Séances d'entraînement	32
c) Séance de révision	33
3) Procédure	34
a) Evaluation diagnostique et post-test	34

b) Séances d'entraînement	34
c) Séance de révision	36
Résultats	37
Discussion	39
Conclusion.....	42
Bibliographie.....	44
Annexes	50

Introduction

Ce travail de recherche porte sur les différentes formes d'intelligence et plus spécifiquement sur l'intelligence kinesthésique, issue de la théorie d'Howard Gardner (1983). S'intégrant dans divers champs de recherche de la psychologie (cognitive, du développement), ce travail se montre donc pluridisciplinaire.

La notion d'intelligence renvoie à la « capacité générale d'adaptation à des situations nouvelles par des procédures cognitives » (Larousse, 1991, p.391). C'est une notion complexe, sa définition et sa mesure ont évolué à travers le temps et les frontières. En tant que professeure des écoles stagiaire, un questionnement vis-à-vis des différents profils d'intelligence et une réflexion portant sur leurs impacts sur les processus d'apprentissage semblent pertinents, afin d'essayer de prendre en compte la diversité des élèves et d'accompagner chacun au mieux vers la réussite scolaire. Ces deux objectifs sont en effet des compétences professionnelles attendues par tout enseignant, dans le but de tendre vers une maîtrise de la pratique professionnelle (Référentiel de compétences des métiers du professorat et de l'éducation, 2013).

De nombreux facteurs jouent un rôle dans l'accès aux connaissances de chacun, comme les représentations sociales (origine sociale, économique, culturelle) (Guimelli, 1999), mais d'autres sont propres aux processus cognitifs (La Garanderie, 1980), ce qui entraîne une importante hétérogénéité dans le contexte scolaire. En effet, au sein d'une même classe, plusieurs profils d'intelligence se distinguent et les élèves ne sont donc pas tous égaux face aux apprentissages proposés. Selon de nombreux modèles de l'intelligence (e.g., Thurstone, 1938), chaque élève, chaque individu est différent et développe ses formes d'intelligence dominantes, ce qui nécessite une réelle adaptation de l'enseignant et des situations d'apprentissage qu'il propose.

Le choix de s'intéresser plus spécifiquement à l'intelligence kinesthésique se justifie par le fait que celle-ci est très peu prise en considération de nos jours dans le système éducatif. En effet, les intelligences verbale et logico-

mathématique y ont une place dominante (Bulletin Officiel n°30 du 26 juillet 2018). Les programmes scolaires et le socle commun de connaissances, de compétences et de culture (Journal Officiel du 2 février 2015) précisent que le langage et les diverses structures linguistiques (lire, écrire, parler, raconter, s'exprimer etc.) constituent l'objet d'apprentissage central à travers les différents domaines d'apprentissage, et que la mobilisation de différentes formes de raisonnement logique est un des objectifs crucial de l'école. Ce travail exploratoire prend pour objet d'étude le corps dans les apprentissages. Ainsi, la question de recherche qui anime ce travail est la suivante : l'intégration d'une dimension kinesthésique dans les situations d'apprentissage en améliore-t-elle son efficacité ?

Dans un premier temps, nous allons définir la notion d'intelligence, puis présenter la théorie des intelligences multiples issue des recherches de Gardner (1983) et plus précisément l'intelligence kinesthésique. Par la suite, une partie sera dédiée à la modalité haptique et aux recherches portant sur ses effets en contexte scolaire. Enfin, nous exposerons le travail exploratoire mené et les résultats qui en découlent.

Cadre théorique

I- L'intelligence

Cette partie s'intéressera dans un premier temps à la notion d'intelligence et plus particulièrement à l'évolution de sa définition et de sa mesure dans les recherches scientifiques. Ensuite, la théorie des intelligences multiples de Gardner sera présentée, ainsi que les recherches portant sur son intégration dans les situations d'apprentissage. Enfin, notre regard portera plus spécifiquement sur l'intelligence corporelle kinesthésique.

1) Une évolution de la définition de l'intelligence et de sa mesure

a. Les premiers outils de mesure de l'intelligence et le quotient intellectuel

L'intelligence s'est vue attribuer de nombreuses recherches, tant du point de vue de sa définition que de sa mesure.

En 1905, le pédagogue et psychologue Alfred Binet et le médecin Théodore Simon développent la première échelle métrique d'intelligence, visant à orienter les enfants vers un enseignement ordinaire ou différent selon l'âge mental déterminé par le test. Le calcul du « quotient intellectuel » (Q.I.), correspondant à l'écart entre l'âge mental et l'âge chronologique de l'enfant, vient compléter le test Binet-Simon avec le psychologue allemand William Stern en 1912. Par la suite, Wechsler (1949), qui conserve la mesure du Q.I., développe une échelle métrique appelée WISC (Wechsler Intelligence Scale for Children). Celle-ci vise à situer un élève par rapport à un groupe de référence (des élèves du même âge). Elle évalue les aptitudes intellectuelles nécessaires aux processus d'apprentissage. La dernière version, WISC-V, développée en 2016,

portent désormais sur 5 composantes : la compréhension verbale (VCI), les aptitudes visuospatiales (VSI), le raisonnement fluide (FRI), la mémoire de travail (WMI) et la vitesse de traitement (PSI). Il vise à déceler les déficits d'attention, de motivation ou encore langagiers afin de proposer un diagnostic adapté. Cette échelle métrique reste encore aujourd'hui la plus utilisée malgré l'arrivée de la « Nouvelle Echelle Métrique d'Intelligence » (NEMI) élaborée par le psychologue René Zazzo en 1966. Tout comme la précédente, elle vise à mesurer une efficacité, par l'addition de points de réussite aux tests (Zazzo, Dague, Schmelk, & Rossi, 1975). L'échelle de Zazzo consiste à étendre l'échelle métrique de Binet et Simon, démontrée valide jusqu'à l'âge de 8-9ans, jusqu'à l'âge de 14 ans. (cf., Annexe 1 – Feuille de niveau de la NEMI). A la fin du XXème siècle, les étalonnages de 1949 et 1966 sont remis en question car ils ne rendent plus compte du développement des enfants de l'époque. La NEMI-2 propose par la suite des épreuves présentées à toute tranche d'âge. Certains items de ce test sont empruntés à Carroll (1993), d'autres au test Binet-Simon mais aussi à la NEMI-1 (cf., Annexe 2 – Origine des items retenus pour la NEMI-2). En découle la création d'un Indice d'Efficacité Cognitive (IEC) obtenu suite aux notes aux 4 épreuves obligatoires proposées : connaissances, comparaisons, matrices analogiques et vocabulaire. Ce résultat, basé sur la dispersion des scores, est exprimé sous la forme d'un intervalle de confiance. La performance de l'élève n'est donc pas réduite à un seul nombre (Cognet, 2011).

Toutes ces échelles métriques avaient pour but de réajuster les aides rééducatives proposées aux élèves en échec scolaire et ayant un trouble des apprentissages.

En 1904, Spearman décrit l'intelligence comme unidimensionnelle, correspondant à une capacité générale de l'individu. Les différentes opérations cognitives renvoient d'après lui à un facteur commun appelé facteur G. Ce modèle de l'intelligence générale de l'individu s'oppose à la théorie multifactorielle de l'intelligence proposée par Thurstone (1938), reposant sur un ensemble de capacités indépendantes.

L'étude de l'intelligence est un sujet vaste, mais qui tout au long du XX^{ème} siècle a souvent été limitée à sa mesure par le Q.I. tendant vers une représentation de l'intelligence unique pour tous, en prenant seulement en compte les formes d'intelligence verbale et logico-mathématique. Même si les batteries contemporaines, tel que le WISC-V notamment, tendent à offrir une vision plus globale de l'efficacité intellectuelle, via notamment l'évaluation de diverses compétences cognitives (verbale, logico-mathématique, perceptive, mnésiques et attentionnelles), elles ne prennent pas en compte l'ensemble des dimensions de l'intelligence (artistique, musicale, sociale etc.).

Ainsi, les dimensions dominantes restent les compétences linguistiques et mathématiques. Armstrong (1994) montre que la difficulté scolaire est déterminée par ces deux seules formes d'intelligence, valorisées par l'institution scolaire. Cette conception de l'intelligence est aujourd'hui encore celle mise en avant dans le système éducatif français (McMahon, Rose, & Parks, 2004) notamment pour mesurer les difficultés et capacités cognitives des élèves. Cette perspective fut controversée car pensée réductrice, puisqu'elle représente une instrumentalisation diagnostique visant à déterminer l'efficacité du système scolaire à travers seulement les capacités langagières et verbales des élèves d'une part, et les capacités logico-mathématiques d'autre part (Leblanc, 1997). En reposant exclusivement sur ces processus cognitifs et sur ces seules performances, elle n'englobe pas d'autres dimensions de la personnalité de l'individu comme par exemple les compétences sociales, inaccessibles aux tests psychométriques classiques (Baldy, 2007). En se voulant indépendante du contexte social, cette vision réduit donc les capacités d'apprentissage à ces deux seules formes, ce qui peut provoquer chez certains élèves des conséquences, comme une baisse de l'estime de soi ou des difficultés face aux apprentissages (Hourst, 2006).

b. La théorie des intelligences multiples d'Howard Gardner

Cette théorie dominante fondée sur le calcul de l'intelligence selon la mesure du Q.I. est remise en question par le psychologue cognitiviste Howard Gardner en 1983, qui propose une vision moins arbitraire en prenant en compte le contexte social. Le concept d'« intelligence humaine » n'est plus pensé en termes de score. Gardner la définit comme ayant 3 composantes :

- « Un ensemble de compétences qui permettent à un individu de résoudre des problèmes rencontrés dans la vie courante ;
- La capacité à créer un produit réel ou offrir un service qui ait de la valeur dans une culture donnée ;
- La capacité à se poser des problèmes et à trouver des solutions à ces problèmes, permettant en particulier à un individu d'acquérir de nouvelles connaissances. » (Hourst, 2006, p. 26).

Suite à ces nombreuses recherches sur les styles d'apprentissages et les figures d'apprenants (Gardner, 1996), il a intégré à sa théorie la diversité des capacités humaines. D'après lui, chacun est doté de plusieurs intelligences qui se développent différemment pour chaque individu. Ainsi, nous posséderions tous des intelligences dominantes et des intelligences plus faibles, mais elles seraient toutes interconnectées. Selon Gardner, ces intelligences sont au nombre de 8 :

- L'intelligence verbale-linguistique, qui est largement reconnue dans les systèmes d'enseignement. Elle correspond à la capacité à être sensible aux structures linguistiques sous toutes leurs formes (lire, écrire, parler, raconter, exprimer ses émotions etc.) ;
- L'intelligence musicale/rythmique correspond à la capacité à être sensible aux structures rythmiques et musicales (fredonner, danser, sensibilité au son des voix, de la musique)

- L'intelligence corporelle-kinesthésique : capacité à produire avec tout son corps, habileté à résoudre des problèmes pratiques (sport, manipulation, fabriquer, réparer, créer, apprendre en bougeant, en manipulant) ;
- L'intelligence visuelle-spatiale : capacité à créer des images mentales, à percevoir le monde avec précision (bon sens de l'orientation, lecture aisée des cartes et graphiques, goût pour l'art).
- L'intelligence logico-mathématique : (décrite par Piaget) capacité à tenir un raisonnement logique, à ordonner (compter, calculer, résoudre des problèmes, explorer).
- L'intelligence interpersonnelle : capacité à entrer en relation et à comprendre les autres (entrer en communication, percevoir les émotions, travailler/jouer en coopération) ;
- L'intelligence intrapersonnelle : capacité à avoir une bonne connaissance de soi-même (connaître ses atouts et faiblesses, donner une opinion personnelle, définir ses objectifs, gérer ses émotions) ;
- L'intelligence naturaliste : capacité à identifier et à classer les formes et structures dans la nature (organiser des données, collectionner, faire des listes, marcher dans la nature).

Cette approche, qui diffère des théories classiques de l'intelligence, s'est montrée efficace dans plusieurs contextes. Par exemple, Douglas, Smith Burton et Reese-Durham (2008) comparent dans leur étude les deux types de pédagogies suivantes : l'instruction directe (DI) et la théorie des intelligences multiples (IM) d'Howard Gardner, en mathématiques chez des élèves de « 8th grade », soit l'équivalent d'une classe de 4^{ème} en France. La première méthode, introduite par Engleman en 1968, correspond à une interaction constante entre l'enseignant et l'élève. Ces méthodes se montrent toutes deux efficaces en termes de résultats scolaires mais la première l'est plus particulièrement pour réviser une leçon déjà connue de l'élève. La théorie des intelligences multiples, quant à elle, s'avère plus efficace pour aborder une notion nouvelle. En effet, la diversification des stratégies pédagogiques en fonction des profils cognitifs des élèves a montré des résultats significativement meilleurs et une motivation accrue lorsqu'il s'agit d'acquérir un savoir nouveau.

Ce résultat corrobore les conclusions de Barrington (2004), selon lesquelles les étudiants de l'enseignement supérieur seraient plus susceptibles de trouver une signification personnelle à leurs études, et leur motivation et leurs résultats s'en trouveraient nettement améliorés, en les encourageant à utiliser leurs intelligences multiples.

Ces différentes études soulignent l'effet positif de l'intégration de la théorie des intelligences multiples en contexte scolaire puisqu'elle semble influencer sur l'implication et la motivation des élèves dans leurs apprentissages.

2) Les intelligences multiples au sein de la classe de primaire, un outil de développement personnel et cognitif

L'application de la théorie des intelligences multiples en contexte scolaire se montrerait donc positive, et ce, dès le plus jeune âge. Elle propose une conception dynamique de l'éducation.

Hurst, en 2006, explique que pour l'enseignant, avoir connaissance des intérêts, des points forts et des besoins des élèves et des styles d'apprentissage de chacun permet d'orienter ses décisions concernant l'élaboration de situations d'apprentissage, les ressources à utiliser et les remédiations possibles. Ce support théorique permet d'enrichir les pratiques de différenciation. Il repose sur la prise en compte de la diversité des élèves et sur le fait d'offrir à chacun la possibilité d'entrer dans l'apprentissage. De plus, un climat de classe positif centré sur l'élève est instauré, et une relation de confiance s'installe entre l'enseignant et la classe, car les élèves se sentent en sécurité affective ce qui favorise leur estime de soi et leur autonomie. La relation avec les parents peut s'en trouver améliorée car l'observation des capacités de leur enfant ne se limitent plus aux seules formes d'intelligence verbale et logico-mathématique. Enfin, cela instaure une culture d'entraide entre les élèves, qui développeront leurs formes d'intelligence non dominantes dans l'interaction sociale (Garas & Chevalier, 2011).

Les élèves, quant à eux, n'ont pas les mêmes capacités dans les mêmes domaines d'apprentissage (Hourst, 2006 ; Leblanc, 1997), mais mettre en place des unités d'apprentissage visant à identifier les formes d'intelligence de chacun permettrait de s'appuyer sur leurs capacités afin que l'ensemble des élèves s'épanouisse et s'engage dans l'apprentissage (Adad, Chevalier, Dell'Angelo-Sauvage, Garas, Lasnier, Mendibil, Pettier, & Richard, 2011). L'élève est, de ce fait, incité à utiliser ses aptitudes naturelles pour apprendre et se sent valorisé dans sa singularité et prend confiance en lui (Hourst, 2006).

Concernant les élèves en difficulté d'apprentissage, Armstrong (1994) précise que les formes d'intelligence les plus présentes chez ces enfants sont les formes visuelle-spatiale et corporelle-kinesthésique, tandis que les moins présentes sont les intelligences linguistique-verbale et logico-mathématique. Ces deux dernières sont pourtant celles mises en avant dans le système éducatif (McMahon, Rose, & Parks, 2004). Il est donc important de pouvoir proposer à ces élèves des activités d'apprentissage plus artistiques, spatiales et corporelles (Leblanc, 1997). Leblanc expose les résultats des études empiriques portant sur les capacités des élèves en difficulté scolaire. Il en découle d'une part que ces élèves cherchent à répondre à un problème posé par le biais de leurs sens, dont le toucher (Stevens, 1885) et leur perception visuospatiale (Bannatyne, 1971 ; Fleming, 1984). L'étude d'Armstrong en 1994, portant sur le profil cognitif particulier des élèves en difficultés, rejoint ces résultats. De plus, dans une étude plus récente de 2002, il montre que les élèves avec Trouble du Déficit Avec Hyperactivité (TDAH) s'inscrivent « dans une forme d'intelligence corporelle-kinesthésique en apprenant par le mouvement, le toucher, la manipulation, les activités dynamiques et interactives » (Chartrand, Chevalier, & Rouillard, 2009, p.249). Chevalier et Girard-Lajoie (2000) développent également un programme afin d'expérimenter des stratégies sensorielles auditives, kinesthésiques et visuelles, visant l'amélioration de l'attention des enfants, notamment ceux ayant un TDAH. L'expérience a entraîné une baisse de l'inattention et des comportements d'hyperactivité chez ces élèves. (Chevalier, & Girard-Lajoie, 2000 ; Chevalier, Achim, Poissant, Bélair, Picard, Bergeron, & Girard-Lajoie, 2003 ; Chevalier, Guay, & Larrison Faucher, 2004).

La théorie de Gardner se développe rapidement dans les années 1990 dans le contexte scolaire, notamment aux Etats-Unis. Des établissements proposent un enseignement fondé sur cette théorie, comme la *Key School* à Indianapolis, où un temps égal est consacré à l'enseignement des divers domaines d'apprentissage (musique, arts, mathématiques, anglais etc.). De plus, le projet SUMIT (*Schools Using MI Theory*) vise l'intégration de la théorie de Gardner dans de nombreuses écoles américaines.

Enfin, au Canada, des outils et méthodes en lien avec cette théorie se développent dans les écoles, comme par exemple la pédagogie *Octofun* élaborée par la conseillère pédagogique Françoise Roemers-Poumay en 2013, consistant à faire prendre conscience aux enfants des différentes formes d'intelligence qu'ils possèdent. Ces dernières sont représentées par des boules d'énergie, et l'enfant exploite ses potentialités à travers différents outils comme des CD ou encore des jeux de cartes. Elles permettraient une meilleure appréhension des élèves vis-à-vis des matières qu'ils jugent « difficiles » et les aideraient à exploiter leur potentiel. Malheureusement, à notre connaissance, aucune étude scientifique ne s'est saisie de cette méthode pour en démontrer les éventuels bienfaits auprès d'enfants typiques et/ou à profil particulier.

Si cette théorie se développe rapidement en Amérique, le phénomène ne s'étend pas jusqu'à la France. Des enseignants de plus en nombreux se montrent intéressés par cet outil mais il reste assez méconnu.

La théorie des intelligences multiples a pour enjeu principal la reconnaissance de l'individualité de l'élève. Chacun a son propre mode d'apprentissage et ses propres besoins.

3) Focale sur l'intelligence corporelle-kinesthésique

D'après le courant de la cognition expérimentaliste, les expériences motrices, de par leur relation au monde spatial, déterminent les expériences mentales,

culturelles et affectives. L'activité physique est essentiellement gérée par l'hémisphère gauche du cerveau, elle réclame une attention importante à l'environnement proche afin de pouvoir maîtriser les mouvements corporels et la manipulation d'objets, et de contrôler l'écart entre les mouvements visés et les effets réellement obtenus. Les expériences physiques, reposant sur l'action dans l'espace, permettent le développement du raisonnement et modifie la perception que l'individu a du monde : le corps devient un lieu d'ancrage pour l'activité cognitive (Waterworth, 2002).

Selon Gardner (1983), l'intelligence corporelle-kinesthésique a des caractéristiques spécifiques. Elle correspond à la capacité à travailler de manière habile avec les objets et d'utiliser son corps afin d'atteindre un but précis. En d'autres termes, les personnes pour lesquelles cette forme d'intelligence est dominante possèdent des compétences de coordination et des capacités haptiques tactiles. Comme le précise Hourst (2006), l'action, la manipulation et le mouvement sont leur moyen de s'exprimer et de s'appropriier leur environnement. Intégrer le mouvement dans les situations d'apprentissage favoriserait donc leur compréhension et la mémoire du corps leur permettant une rétention des informations plus efficiente.

Dans la partie suivante (II, 2.), seront présentées plusieurs études traitant des bienfaits de l'intégration de la modalité haptique dans diverses situations d'apprentissage.

II- L'apprentissage par les sens

La transmission de savoirs entre l'enseignant et ses élèves peut répondre à plusieurs modèles d'apprentissage. Historiquement, nous pouvons distinguer plusieurs visions théoriques de l'apprentissage : le béhaviorisme, le cognitivisme, le constructivisme et enfin le socio-constructivisme.

Le premier, venant du terme « behavior » (comportement) est issu des recherches de Watson (1913) prolongées par la suite par Skinner (1938). Première inflexion du modèle transmissif, le savoir est extérieur au sujet et ce dernier est un récepteur qui reçoit l'information et l'enregistre. L'apprentissage se fait ici par paliers successifs, dont l'écart n'est pas trop important afin de réduire progressivement le nombre d'erreurs. Comme l'explique Girault (2007), ce modèle fut remis en cause par sa vision uniquement transmissive du savoir, dont l'enseignant à la totale détention et par la passivité des élèves. En effet, ils « reçoivent » le savoir mais ne le construisent pas.

Ainsi, le cognitivisme, développé dès les années 1960, décrit un apprenant qui ne se contente pas d'assimiler des données comme dans le courant béhavioriste ; l'apprentissage se fait par traitement de l'information. Le mouvement du constructivisme est issu des recherches du psychologue Jean Piaget (1936), en réaction aux modèles précédents limitant l'apprentissage à l'association stimulus-réponse. Par cette approche, la connaissance n'est pas le résultat d'une perception mais d'une action. L'acquisition du savoir est ici basée sur l'action entre le sujet et son environnement.

Parallèlement, Vygotsky (1934) met en lumière une insuffisance de la théorie piagétienne : il précise l'importance des agents culturels comme le langage dans l'acquisition de connaissances. Il donne de ce fait une place primordiale à l'aspect social des processus cognitifs. La construction de la connaissance est directement issue des interactions sociales. Comme le précise Perrenoud (2003), ce modèle de pensée a largement influencé les pédagogies modernes, « nombre de systèmes éducatifs ont fait du constructivisme leur théorie de référence » (p.9). Cette théorie inspire notamment le socio-constructivisme.

Doise et Mugny (1981), dans la continuité des travaux de Piaget et de Vygotsky, présentent les interactions sociales comme facteur de développement cognitif, à condition que celles-ci entraînent des conflits socio-cognitifs, c'est-à-dire une confrontation d'avis divergents dans l'interaction permettant la construction de connaissances. Ainsi, un premier déséquilibre apparaît, le sujet prend conscience de sa pensée par rapport à celle des autres, ce qui provoque

un nouveau déséquilibre, amenant l'apprenant à reconsidérer ses représentations afin de reconstruire un nouveau savoir.

De plus, Bruner (1996), s'inspirant de Piaget, propose à son tour une théorie fondée sur un sujet actif, construisant de nouveaux savoirs grâce à celle déjà en place, mais introduit deux concepts clés : « l'interaction de tutelle », intégrant une tierce personne, aidant l'enfant à résoudre un problème à travers un « étayage », c'est-à-dire une prise en charge par cet adulte des éléments de la tâche que l'enfant ne peut réaliser seul.

Il existe donc divers courants de pensée dans l'histoire de la pédagogie. Crahay (1999) accorde « leurs origines à deux visions extrêmes de l'acte d'apprendre : le rationalisme et l'empirisme. » (p.13). Le premier soutient que toute connaissance provient de la raison tandis que pour le deuxième elle provient de l'extérieur, de l'environnement (expérience sensible).

Le rationalisme conçoit l'apprentissage comme la distinction de l'apparence et de l'essence, la découverte d'une vérité par-delà les apparences. L'expérience sensible ne saurait donner de connaissance véritable, contrairement à la raison et aux procédures rationnelles. Pour les empiristes, l'individu peut apprendre car l'esprit reçoit des informations venant de l'environnement, appelées donc « sensations ». Les principes fondamentaux de l'empirisme sont l'observation et le raisonnement par induction ou généralisation. La pédagogie Montessori, mettant les expériences sensori-motrices au cœur des apprentissages, s'inscrit dans l'empirisme.

Tout en prenant en considération les modèles pionniers de l'apprentissage, l'enseignant a pour mission de répondre au mieux aux besoins spécifiques de chaque enfant tout en valorisant ses capacités et potentialités.

Nous allons maintenant traiter plus spécifiquement l'apprentissage par le biais des expériences sensorielles, en définissant dans un premier temps la modalité haptique.

1) L'exploration tactilo-kinesthésique, modalité haptique

Afin de découvrir et de s'appropriier le monde qui nous entoure, nous faisons appel à diverses formes d'exploration. En ce qui concerne la découverte et l'exploration par le toucher, on distingue deux types de perception : la perception cutanée (ou passive) qui n'implique aucun mouvement d'exploration, contrairement à la perception haptique où il y a une déformation mécanique de la peau provenant du contact de celle-ci avec des objets. Cette perception haptique résulte à la fois des informations motrices, cutanées et proprioceptives (Hatwell, Streri, & Gentaz, 2000).

La notion d'haptique correspond aux sensibilités kinesthésiques et aux diverses sensations tactiles ressenties durant une activité motrice d'exploration de notre environnement. Les procédures cognitives régissent la perception et l'expérience par le toucher entraîne une connaissance haptique. L'exploration tactilo-kinesthésique vise deux fonctions, l'une est motrice, elle comprend un transport d'objet ou une transformation par le toucher, l'autre est perceptive.

La modalité haptique se distingue des modalités visuelle et auditive car elle se montre plus analytique. Lors d'une exploration visuelle d'un objet, toutes ses dimensions sont perçues simultanément, la perception de l'objet reste globale, tandis que par une exploration haptique, la perception reste souvent séquentielle. Un travail mental de synthèse sera nécessaire pour se représenter l'objet (Gentaz, 2009). Plusieurs études, notamment celle de Labat, Ecalle et Magnan (2010) sur la connaissance des lettres, celle de Seki (1995) et de Dufour (2011) sur la lecture et le décodage ou encore celle de Beaulieu-Pinard (2014) et de Pinet et Gentaz (2008) en mathématiques, que nous exposerons plus en détails dans la partie suivante, montrent que cette caractéristique de la modalité haptique tend à favoriser les apprentissages.

Les mouvements d'exploration sont en majorité adaptés à l'identification d'un critère précis de l'objet. Par exemple, le soulèvement permet d'appréhender le poids et le frottement de la texture, comme l'ont montré Lederman et Klatzky en

1987 (cf., Annexe 3 : Procédures exploratoires manuelles associées et la propriété des objets associée). Une exploration sensorielle tactile débute par une procédure non experte permettant d'aboutir à une connaissance partielle de l'ensemble, puis une stratégie va se mettre en place, des procédures plus spécifiques vont permettre d'appréhender l'objet de manière plus précise. Les différentes procédures d'exploration se construisent dans le temps et se montrent progressivement de plus en plus adaptées à la tâche. C'est à l'âge de 5 ans que l'enfant est « capable d'encoder l'information recueillie par le toucher et de la retenir ; forme des représentations perceptives en mémoire » (Gentaz, 2009, p. 4). Cette perception dépend également des capacités de mémoire de travail, car au cours de l'exploration les données s'accumulent et il faut pouvoir les conserver pour au final, se représenter l'objet de façon unifiée.

2) Les effets observés de l'ajout de la modalité haptique dans diverses situations d'apprentissage

La majorité des apprentissages fondamentaux à l'école primaire font uniquement appel aux modalités sensorielles visuelle et auditive des enfants (Gentaz, 2009).

Comme nous allons le montrer, diverses études portent sur les effets de l'intégration de la modalité haptique au sein de situations d'apprentissage. Souvent mises en œuvre dans un but de remédiation, cette modalité s'est également montrée efficace pour l'ensemble des participants quant à la découverte et l'appropriation d'un savoir.

Labat, Ecalle et Magnan (2010) ont proposé des entraînements bimodaux de nature différente à des enfants de 3 à 5 ans sur la connaissance des lettres, l'écriture et la lecture de pseudo-mots : un entraînement auditif/visuel, un auditif/haptique et un dernier auditif/graphomoteur. En ce qui concerne l'écriture et la reconnaissance phonologique des lettres, le deuxième entraînement se montre le plus efficace ; tandis que c'est le troisième entraînement qui est le plus

approprié pour les compétences en lecture. Ceci met en lumière le fait que les informations tactilo-kinesthésiques sont les plus adaptées pour construire la connaissance des lettres. Gentaz (2009) montre que l'intégration de la modalité haptique dès les premiers apprentissages des lettres pourrait éviter une confusion entre une lettre et son image en miroir (fréquente chez les jeunes enfants, Orton, 1928), relevant d'une perception uniquement visuelle. En effet, une approche multisensorielle permet à l'enfant d'identifier et de reproduire une lettre plus efficacement que si cette approche était seulement visuelle car produire graphiquement une image et son image en miroir réclament des mouvements différents. Cependant, dès l'âge de 6 ans, cette tendance s'inverserait, la modalité visuelle deviendrait la plus efficace. Pour la plupart des jeunes enfants, la lecture reste un apprentissage complexe et lent. Certaines études se sont donc portées sur des méthodes faisant appel à plusieurs sens, dont le toucher. Les plus anciennes datent du début du siècle dernier. En effet, Montessori développe dès 1915 une méthode multisensorielle pour l'exploration des lettres. D'après elle, l'expérience des sens est une étape fondamentale pour que l'enfant développe ses capacités cognitives. Afin de préparer les enfants à l'écriture, elle leur propose des exercices mettant en jeu le toucher : ils devaient suivre le contour de lettres collées sur un papier présentant une couche rugueuse, abrasive, avec le doigt, puis, devaient réitérer l'expérience avec les yeux fermés. Les enfants mémorisaient non seulement la forme de la lettre, mais également le geste graphomoteur permettant de la reproduire.

Bien que la reconnaissance des lettres soit perçue comme un processus uniquement visuel, une approche plurimodale engendrerait une meilleure mémorisation de leurs formes car cela fait également appel à la représentation sensorimotrice des lettres, que nous apprenons également à écrire. A été mise en place en 1995 par Seki, Yajima et Sugishita, une étude innovant une méthode de lecture kinesthésique pour des patients alexiques, c'est-à-dire porteurs d'une lésion cérébrale les rendant incapables à reconnaître les lettres, consistant à suivre les contours des lettres durant la lecture. L'accès à la représentation motrice de la lettre en améliore la reconnaissance. Les lettres sont alors

représentées dans notre cerveau par leur composante visuelle, sonore, mais aussi sensori-motrice (Velay, Longcamp, & Zerbato-Poudou, 2005).

L'étude plus récente de Gentaz, Colé et Bara (2003) a testé cette méthode intégrant la modalité tactilo-kinesthésique dans l'utilisation et la compréhension du principe alphabétique chez les enfants de grande section de maternelle. Ils proposent plusieurs entraînements se différenciant par les modalités sensorielles mises en jeu : un entraînement HVAM (haptique, visuel, auditif, métaphonologique) ainsi qu'un entraînement VAM, celui-ci n'incluant pas la modalité haptique. Les résultats de l'expérience révèlent que la lecture de pseudo-mots est plus efficace lors de l'entraînement incluant l'expérience tactilo-kinesthésique. Jusqu'ici, la modalité haptique présente une caractéristique qui la rend plus efficace qu'un traitement purement visuel : le traitement séquentiel. L'étude de Dufour (2011) a donc cherché à intégrer un traitement séquentiel à la modalité visuelle. Les lettres se dessinent sur un ordinateur devant l'élève de 5 ans. Mais il s'est avéré que l'amélioration en lecture et en reconnaissance des lettres découlait directement de l'exploration tactilo-kinesthésique et non pas du traitement séquentiel en lui-même. Les compétences de décodage, amenant peu à peu à la lecture fluide, s'en sont trouvées largement améliorées chez les élèves participants.

Beaulieu-Pinard (2014) a mis en œuvre une étude démontrant l'efficacité d'une approche kinesthésique dans l'apprentissage de la valeur de position en cycle 2. Les expériences consistaient à faire représenter aux élèves les nombres par le corps, ils incarnaient les différentes unités de la numération décimale. Les résultats démontrent que la construction du concept de position s'est montrée favorisée par la mise en scène concrète du problème donné. Cela a permis aux élèves une meilleure mémorisation et imprégnation du savoir, mais également une importante motivation qui les a encouragés à s'impliquer dans l'activité.

Les multiples études que nous venons de décrire prouvent l'efficacité de l'intégration de l'approche kinesthésique au sein de diverses situations d'apprentissage. L'accès à la composante sensori-motrice de l'objet en améliore la compréhension, l'utilisation et la mémorisation.

Nous allons à présent nous intéresser plus spécifiquement à l'impact de l'exploration kinesthésique dans le domaine disciplinaire de la géométrie, celui-ci étant le domaine dans lequel s'inscrit notre étude.

3) La modalité haptique et l'approche kinesthésique dans la reconnaissance des formes géométriques

L'enseignement des mathématiques et plus spécifiquement celui de la géométrie visent à développer chez les élèves dès le plus jeune âge des repères spatiaux pour interagir avec l'environnement proche.

D'après les études suivantes, l'exploration multisensorielle comprenant une perception sensorimotrice a des effets bénéfiques dans la reconnaissance de figures géométriques élémentaires. En effet, dès 1978, Pridgge présente une expérience traitant de l'introduction de la manipulation dans l'apprentissage de concepts géométriques. Il mène cette étude auprès d'enfants âgés de 5 ans. Chacun d'eux est assigné à un des trois programmes d'apprentissage suivants : le premier n'inclut pas de manipulation (papier-crayon), le deuxième comprend une manipulation en deux dimensions (pliage), enfin, le dernier présente une manipulation de solides en trois dimensions. A la suite de dix jours d'activité, la reconnaissance des figures géométriques est significativement meilleure lorsque des solides géométriques en trois dimensions sont à la disponibilité des élèves durant l'activité.

Plus récemment, Pinet et Gentaz (2008) ont démontré qu'un double codage, à la fois moteur et visuel, amène les élèves de grande section à mieux se représenter les figures planes élémentaires grâce au traitement séquentiel et analytique de l'objet provenant de la modalité haptique, et à une meilleure mémorisation qui en découle. En proposant deux entraînements, un purement visuel et l'autre intégrant la dimension haptique (où seuls les supports diffèrent : figures imprimées et solides en mousse), les résultats montrent des performances significativement meilleures lors du deuxième. Un entraînement

plurimodal permet donc d'identifier plus efficacement ce qui est inclus ou ce qui est exclu d'une catégorie de figure. Grâce aux diverses sources d'informations issues des perceptions visuelles et motrices, la représentation des figures est encouragée. Cependant, la reconnaissance ne se fait pas au même niveau de précision :

- Pour chaque catégorie de figures (cercle, carré, rectangle, triangle). Cet aspect peut être engendré par les axes de symétrie qui diffèrent d'une figure à l'autre, car le cercle est la figure la plus reconnue par les élèves et le triangle la moins reconnue (Gentaz, & Pinet, 2008).
- Pour les figures appartenant à une même catégorie, selon l'orientation de la figure et ses dimensions (longueur des côtés).

L'exploration tactilo-kinesthésique semble encourager l'élève à porter davantage d'attention sur la structure des figures géométriques.

Ces différentes études montrent l'impact positif d'une expérience multisensorielle sur la capacité des élèves de grande section de maternelle à reconnaître des formes des figures planes élémentaires. Par le toucher, l'analyse des caractéristiques de l'objet est plus fine grâce au traitement séquentiel.

La théorie d'Howard Gardner soutient que nous possédons tous les différentes formes d'intelligence, plus ou moins développées selon le vécu de chaque individu. Elle préconise la multiplication des systèmes de résolution pour que l'individu s'approprie le savoir de manière durable. Proposer des entraînements multimodaux, c'est-à-dire combinant diverses modalités (haptique, auditive, visuelle), permettrait une imprégnation et une mémorisation plus efficaces du savoir enseigné.

Problématique

L'accès aux connaissances est influencé par de nombreux facteurs, à la fois sociaux et culturels, mais également propres aux processus cognitifs. L'intelligence, ayant fait l'objet de nombreuses études, notamment en contexte scolaire, est définie par Gardner (1983) comme l'ensemble des habiletés cognitives indispensables à l'apprentissage. En s'opposant à la théorie unifactorielle de Spearman (1904) suggérant un unique facteur général, appelé « facteur G », conceptualisant toutes les performances mentales ; la théorie de Gardner offre une nouvelle vision, multifactorielle, de l'intelligence. D'après lui, chaque individu développe son propre profil cognitif, avec des formes d'intelligence dominantes ou plus faibles. En contexte scolaire, les profils cognitifs de chacun provoquent une hétérogénéité importante et donc une inégalité des capacités de résolution face à une situation d'apprentissage. L'institution scolaire valorise encore aujourd'hui deux dimensions dominantes de l'intelligence, linguistique et logicomathématique, (Leblanc, 1997 ; McMahon, Rose, & Parks, 2004) pourtant les moins développées cognitivement par les élèves dits en difficulté scolaire. Selon la théorie des intelligences multiples, chaque individu serait plus à même d'apprendre à travers d'autres champs, comme la musique, sa relation aux autres, ou la motricité.

De plus, en s'intéressant plus spécifiquement à l'intelligence corporelle-kinesthésique, se rapportant à l'habileté à résoudre des problèmes en mettant le corps et le mouvement en jeu, on observe à travers de nombreuses études développées plus haut qu'un entraînement multisensoriel, faisant appel aux informations proprioceptives et motrices résultant de la perception haptique, permettrait aux élèves une meilleure représentation de l'objet d'étude, dans divers domaines d'apprentissage : l'écriture et la connaissance des lettres (Gentaz, 2009 ; Labat et al., 2010), la lecture (Seki et al., 1995 ; Velay et al., 2005), le principe alphabétique (Dufour, 2004 ; Gentaz et al., 2003) et la valeur de position en numération (Beaulieu-Pinard, 2014).

Nous avons choisi d'inscrire notre étude exploratoire dans le domaine d'apprentissage de la géométrie, réclamant une acquisition de connaissances à la fois spatiales (repérage dans l'espace, orientation) et géométriques (solides, figures planes). Tout au long de la scolarité, les connaissances enseignées dans ce domaine doivent se construire autour d'activités manipulatoires et de problèmes concrets. Comme le précisent les programmes du cycle 2 (B.O. n°30 du 26.07.18, p. 71), « les représentations symboliques se développent et l'espace réel est progressivement mis en relation avec des représentations géométriques ». La construction d'un concept mathématique doit à la fois faire appel à une phase d'action et à une phase de représentation mentale, afin d'atteindre une élaboration des concepts efficiente (Berdonneau, 2006). En ce qui concerne notre objet d'étude, la reconnaissance des figures géométriques, l'appropriation des propriétés de figures planes et de solides passe par l'observation de relations spatiales visibles, par la suite vérifiables de manière perceptive puis instrumentée. Le passage par des situations manipulatoires permet d'offrir différents outils de résolution aux élèves, et permet à l'enseignant de connaître davantage le niveau de connaissances de ses élèves (Dias, 2012). Les études portant sur la reconnaissance des figures géométriques par le biais d'une modalité haptique intégrée aux situations d'apprentissage, ont été menées essentiellement au cycle 1 (Gentaz, 2009 ; Pinet & Gentaz, 2008 ; Pridgde, 1978) qui propose une première approche des figures géométriques qui seront par la suite enseignées aux cycles 2 et 3. Elles révèlent elles aussi qu'une expérience tactilo-kinesthésique influe positivement sur la capacité des élèves de maternelle à identifier différentes formes géométriques mais également à porter attention à leur structure.

Ces études nous ont amené à nous questionner sur le prolongement des impacts de ces situations manipulatoires au cycle 2, faisant la continuité avec l'école maternelle. Nous tenterons de montrer à travers cette étude exploratoire que l'intégration de la modalité haptique dans des situations visant à structurer les compétences relatives aux formes géométriques chez l'élève de fin de cycle 2 permet une meilleure reconnaissance des formes géométriques et une

appropriation de leurs propriétés plus efficiente qu'un entraînement s'appuyant uniquement sur la modalité visuelle.

Si les différentes études exposent que les intelligences logico-mathématique et verbale/linguistique restent les formes d'intelligence les plus favorisées par l'institution scolaire, la recherche a montré que la sollicitation des autres formes d'intelligence représente un levier pour favoriser les apprentissages. Dans cette étude, seule l'intelligence corporelle-kinesthésique, développée par la plupart des élèves dits en difficulté, sera mobilisée pour illustrer les impacts de la perception kinesthésique sur les apprentissages. L'étude, qui sera menée auprès d'une classe de CE2, a pour objectif de montrer que la modalité haptique entraîne une reconnaissance des formes géométriques plus efficiente.

Notre hypothèse générale sera donc la suivante : Nous supposons que les élèves utilisant la modalité visuo-haptique seront plus performants dans une tâche de reconnaissance des formes géométriques que le groupe soumis à l'entraînement uniquement visuel.

Méthodologie

Cette expérimentation a pour objectif d'éclairer les effets de l'ajout de la modalité tactilo-kinesthésique dans un entraînement destiné à favoriser la reconnaissance et l'identification de formes géométriques dans une classe de fin de cycle 2. Elle fait appel à une procédure dont la structure et les supports sont semblables à ceux utilisés par Pinet et Gentaz dans leur étude menée auprès d'enfants de 5 ans, afin de pouvoir déterminer si la modalité haptique joue également un rôle positif lorsque les objets d'étude (ici les formes géométriques élémentaires) ont déjà été abordés dans la scolarité.

1) Population

Cette étude de terrain a été mise en œuvre au sein d'une classe de CE2, comptant 28 élèves dont 18 garçons et 10 filles âgés de 8 à 9 ans (âge moyen=8 ans et 9 mois ; écart-type=0,27 (soit 3 mois)). L'ensemble de la classe a participé à l'étude.

L'étude a pour objectif une comparaison des acquis entre deux groupes de 14 élèves : un confronté à un entraînement sans mise en œuvre du corps, seulement visuel, et l'autre suivant un entraînement visuo-haptique. Par souci d'organisation spatiale, chacun des groupes a été redivisé en deux sous-groupes lors des séances d'entraînement. Les élèves ont été répartis dans les différents sous-groupes le plus strictement possible selon les critères suivants : effectif, répartition filles/garçons, âge (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des enfants répartis dans les différents sous-groupes avant le pré-test (répartition filles/garçons, âge moyen, écart-type)

Entraînement	Effectif	Sous-groupes	Effectif Garçons	Effectif Filles	Âge moyen	Ecart-type
Visuel	14	V1	5	2	8 ans 9 mois 3 jours (8,76 ans)	0,35
		V2	4	3	8 ans 9 mois 29 jours (8,83 ans)	0,27
VisuoHaptique	14	V1	5	2	8 ans 9 mois 21 jours (8,81 ans)	0,27
		V2	4	3	8 ans 9 mois 18 jours (8,80 ans)	0,23

2) Matériel

Comme le précisent les programmes du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), les élèves doivent, en fin de cycle, être capables de reconnaître, nommer et décrire les figures usuelles : carré, rectangle, cercle, triangle et triangle rectangle.

a) Evaluation diagnostique et post-test

Le pré-test et le post-test ont été menés à travers des exercices sur format papier, faisant donc seulement appel à la modalité visuelle. Les supports sont

identiques pour le pré-test et le post-test. Seul l'exercice concernant la reconnaissance du cercle n'a été proposé que lors du pré-test car l'ensemble des élèves l'a réalisé sans aucune erreur. Les cinq exercices (cercle, carré, rectangle, triangle, triangle rectangle) proposés sont construits de la même façon : un ensemble de 20 figures géométriques dont 6 figures cibles, et 14 figures perceptivement proches des figures cibles. Une vigilance a été portée au fait que l'orientation et la taille des figures soient variées. Voici le détail des figures proposées pour chaque test :

- Le test du cercle, seulement effectué lors du pré-test, est composé de 6 cercles, 3 hexagones convexes (polygones à 6 côtés dont tous les côtés et tous les angles sont égaux), 4 octogones convexes (polygones à 8 côtés dont tous les côtés et tous les angles sont égaux), 3 ellipses (figures obtenues en étirant un cercle) ainsi que 4 figures quelconques n'ayant aucun côté droit.
- Le test du carré, se compose de 6 carrés, 5 rectangles dont les rapports de longueurs entre les côtés sont variés, 4 losanges (parallélogrammes dont les 4 côtés sont égaux), 2 parallélogrammes (quadrilatères dont les paires de côtés opposés sont parallèles) et 3 trapèzes (quadrilatères ayant deux côtés opposés parallèles).
- Le test du rectangle est composé de 6 rectangles, 7 parallélogrammes, 4 trapèzes ainsi que 3 triangles équilatéraux (triangles dont les trois côtés sont égaux).
- Le test portant sur le triangle se compose de 6 triangles, dont 1 triangle équilatéral, 1 triangle rectangle (ayant un angle droit), 2 triangles isocèles (possédant deux côtés égaux) ainsi que 2 triangles quelconques. Les 14 autres figures sont 4 quadrilatères et 3 pentagones quelconques, ainsi que 7 figures planes fermées à 3 côtés possédant un côté courbe.
- Enfin, le test du triangle rectangle est constitué de 6 triangles rectangles, 3 triangles équilatéraux, 5 triangles isocèles, 2 triangles quelconques, 1 losange, 1 parallélogramme ainsi que 5 pentagones quelconques.

Le choix des figures géométriques proposées a été fait de manière à ce que l'ensemble des figures d'un test soient perceptivement proches des figures cibles. Ainsi, durant le post-test, l'élève est amené à se questionner sur les propriétés propres à chacune de ces figures (nombre d'angles droits, longueur des côtés, axes de symétrie etc.), étudiées lors des séances d'entraînement.

b) Séances d'entraînement

En ce qui concerne les entraînements menés par la suite, la classe est donc divisée en quatre sous-groupes : deux réalisant l'entraînement visuel et deux réalisant l'entraînement visuohaptique. Le matériel utilisé est identique pour les sous-groupes réalisant le même entraînement. En ce qui concerne l'entraînement visuel, les supports utilisés sont des formes géométriques représentées sur du papier de couleur différente (jaune, orange, rouge, vert et bleu) et de forme ronde pour ne pas qu'une orientation des formes soit privilégiée par le support. Pour le groupe réalisant l'entraînement visuohaptique, les supports proposés sont des formes géométriques en plastique rigide, dont l'épaisseur reste négligeable pour ne pas qu'il y ait confusion avec les solides. Les séances d'entraînement se déroulent de la même manière, quelque soit la figure ciblée par la séance.

Pour la première phase de chacune des séances, sont proposées aux sous-groupes réalisant l'entraînement visuel 7 figures cibles tracées sur papier, dont la taille et la couleur du papier sont variées (par exemple, six triangles variés en taille, rapport entre côtés et couleur sont proposés pour la troisième séance portant sur le triangle). Concernant l'autre entraînement, plurimodal, est distribuée aux deux sous-groupes associés une barquette contenant 7 figures cibles en plastique rigide, manipulables, également diversifiées en termes de taille et de couleur.

Concernant la deuxième phase des séances d'entraînement, a été dispersé au centre de chaque îlot de travail, un ensemble de 21 formes géométriques,

comprenant 7 figures cibles ainsi que 14 figures dites « distractrices », proches visuellement des figures cibles. Pour les entraînements visuels, les 7 figures cibles utilisées lors de la première phase ont été réutilisées, et y ont été ajoutées 14 figures tracées, sur le même support (papier coloré). La construction des collections de figures proposées aux élèves s'appuie en partie sur celles proposées durant le pré-test. Par exemple, pour la séance portant sur le carré, figurent parmi la collection 7 carrés, ainsi que des rectangles, des losanges et des parallélogrammes. Pour les entraînements incluant la modalité haptique, le matériel utilisé reste les figures géométriques en plastique rigide. Une vigilance est portée au fait que les différents groupes explorent, visuellement ou manuellement selon les groupes, les mêmes types de figures. Le choix des collections se fait à partir du matériel en plastique disponible.

c) Séance de révision

Enfin, lors de la séance de révision, faisant suite aux quatre séances d'entraînement, le matériel utilisé lors de séances précédentes est réutilisé (figures en plastique rigide et figures tracées sur papier). L'enjeu de cette dernière séance est de réaliser une activité semblable à la deuxième phase des séances d'entraînement (jeu de pioche) mais l'ensemble des figures ciblées par l'étude sont travaillées (carré, rectangle, triangle, triangle rectangle). Sont dispersées au centre de chaque table, un ensemble de 42 figures géométriques (6 par élève) constitué de 16 figures cibles (4 pour chaque figure étudiée) et de 26 figures distractrices, certaines étant perceptivement proches à la fois du carré et du rectangle comme le parallélogramme.

3) Procédure

a) Evaluation diagnostique et post-test

L'évaluation diagnostique a pour objectif de mesurer les connaissances géométriques antérieures des élèves de la classe. Elle a été la même pour l'ensemble des élèves de la classe (28). Aucune limite de temps n'a été donnée pour réaliser les exercices. Les supports utilisés sont des feuilles de tests, empruntées à l'étude de Pinet et Gentaz (2008) ou créées (cas du triangle rectangle), avec un exercice pour chaque figure élémentaire étudiée : cercle, carré, rectangle, triangle et triangle rectangle (cf. Annexes 4 à 8). Pour chaque exercice, les figures géométriques proposées sont représentées par leur contour, et variées en termes de taille, de rapports de longueurs entre les côtés et d'orientation sur la feuille. Une vigilance a été portée sur l'ensemble des figures proposées sur un même exercice, la majorité étant perceptivement proches de la figure étudiée. Il s'agit ici pour l'élève de cocher les figures correspondantes à la figure cible cherchée.

Pour le post-test, faisant suite aux séances d'entraînement, les mêmes conditions ont été réunies que pour l'évaluation diagnostique (pas de temps imposé et même supports utilisés).

b) Séances d'entraînement

Suite à l'évaluation diagnostique, il a été proposé aux élèves des séances d'entraînement, une pour chaque figure étudiée, ainsi qu'une dernière faisant office de séance de révision reprenant l'ensemble des formes géométriques étudiées. Elles se réalisent sous forme de travaux de groupes. Les résultats de l'évaluation diagnostique ont montré que la reconnaissance du cercle n'a montré aucune difficulté à l'ensemble de la classe. De ce fait, cette figure n'a pas été proposée lors de la suite de l'expérience et sera travaillée ultérieurement en

classe pour aborder plus spécifiquement son tracé et ses propriétés (diamètre, rayon, centre).

Pour la mise en place des séances d'entraînement, la classe a d'abord été divisée en deux groupes de 14 élèves chacun : un réalisant l'entraînement visuel, avec les formes géométriques représentées sur du papier couleur ; l'autre réalisant l'entraînement visuohaptique, proposé avec une grande collection de formes géométriques en plastique rigide. Pour une question de mise en œuvre pratique en classe, chaque groupe a de nouveau été divisé en deux, chacun disposé autour d'un îlot de table, afin de favoriser les échanges entre pairs.

Le déroulement de ces entraînements est le même pour chacune des figures proposées à l'étude : le carré, le rectangle, le triangle et le triangle rectangle.

Pour illustrer le déroulement d'une de ces séances, prenons l'exemple de celle portant sur le rectangle :

- La première phase de l'entraînement consiste, en groupes, à explorer, visuellement et/ou manuellement selon l'entraînement associé, une collection de 7 rectangles variés en termes de taille et de couleur, orientés aléatoirement, afin d'en dégager ensemble le nom et les caractéristiques. L'enseignant passe alors dans chaque groupe pour valider les réponses.
- La deuxième phase consiste en une sorte de jeu de pioche. Un ensemble de polygones, comprenant des figures cibles (rectangles) et des figures dites « distractrices », c'est-à-dire proches perceptivement des propriétés du rectangle, est dispersé au centre de la table. Comme précédemment, nous prenons soin de faire varier les formes proposées selon les critères de couleur, taille et orientation. Chacun leur tour, les élèves tentent de trouver un rectangle parmi la collection. Ils piochent, donnent leur réponse en justifiant et le reste du groupe valide au fur et à mesure chaque proposition. Les figures correspondantes à la figure cible sont mises de côté, pour une validation postérieure de l'enseignant.

- En fin de séance, a été proposé un temps de classement des figures restantes (non correspondantes à la figure cible), afin que les élèves s'entraînent à catégoriser les figures selon leurs propriétés géométriques.

c) Séance de révision

Suite à ces quatre séances d'entraînement (carré, rectangle, triangle, triangle rectangle), une dernière séance a été proposée, semblable à la deuxième phase des séances précédentes, mais faisant entrer en compte les quatre figures géométriques. L'enjeu est ici de faire un bilan des connaissances travaillées durant les séances précédentes. La mise en place est la même : une collection de polygones variés est disposée sur la table (figures étudiées et figures distrayantes). Chacun leur tour, les élèves en piochent une, tentent de la nommer en décrivant la figure, ce qui permet d'en extraire les caractéristiques. Tout au long de l'activité, l'ensemble du groupe opère un tri de la collection.

La semaine suivant la fin des entraînements, a été proposé le post-test, en proposant le même support aux élèves que durant le pré-test.

Résultats

Les résultats du pré-test ont montré que la reconnaissance du cercle n'a montré aucune difficulté à l'ensemble de classe. De ce fait, cette figure n'a pas été proposée lors de la suite de l'expérience et sera travaillée ultérieurement en classe pour aborder plus spécifiquement son tracé et ses propriétés (diamètre, rayon, centre). Par ailleurs, par rapport à l'étude de Pinet et Gentaz (2008), le triangle rectangle a été ajouté dans les figures à reconnaître au cours de l'expérimentation car il est spécifié dans les programmes que les élèves sont censés être capable de le reconnaître et le décrire en fin de cycle 2.

Pour analyser les résultats de l'enquête menée en classe, la moyenne de bonnes réponses, ici le nombre de figures cibles reconnues, a été calculée pour chacun des groupes à partir des tests pré et post entraînements. Les résultats des sous-groupes effectuant le même entraînement ont été réunis afin que l'analyse de l'apport de la modalité haptique soit plus significative. Le nombre de figures correspondantes à la figure ciblée étant de six pour chacune d'entre elles.

Le tableau 2 expose les résultats bruts obtenus.

Tableau 2 : Moyennes de bonnes réponses obtenues au pré-test et au post-test par les deux groupes (entraînement uniquement visuel et entraînement visuohaptique).

	Figures reconnues au pré-test		Figures reconnues au post-test	
	Visuel	VisuoHaptique	Visuel	VisuoHaptique
Carré	5,28	5,21	4,85	5,78
Rectangle	4,92	4,78	5,21	5,21
Triangle	5,57	5,78	5,64	5,85
Triangle rectangle	4,5	4,21	4,71	5,42

Le cercle, ayant été reconnu par l'intégralité des élèves dans le pré-test, reste, parmi les différentes figures usuelles proposées la mieux reconnue par les élèves, comme cela avait été prouvé par les études de Clements, Swaminathan, Hannibal et Sarama (1999) et de Pinet et Gentaz (2007).

Les résultats obtenus lors du pré-test par les deux groupes ne sont pas à comparer, étant donné que l'épreuve était la même et s'est déroulée au même moment pour les deux groupes, avec un support et des conditions identiques. Les résultats à prendre en compte suite à cette expérimentation sont les écarts entre le score obtenu avant et après les entraînements. On observe chez le groupe ayant réalisé l'entraînement visuel que la modalité visuelle a permis une légère augmentation du score de réussite pour trois des figures proposées : le rectangle, avec une augmentation du nombre moyen de figures reconnues de 4,92 à 5,21 (soit 0,29 de plus) ; le triangle avec 0,07 de plus après l'entraînement ; ainsi que le triangle rectangle avec un passage de 4,5 à 4,71 figures reconnues en moyenne (soit 0,21 de plus). En ce qui concerne les élèves soumis à l'entraînement bimodal (visuohaptique), les observations que l'on peut tirer des résultats sont plus significatives. En effet, une augmentation du score moyen de réussite est observée cette fois-ci pour chacune des figures proposées, avec des écarts entre les résultats du pré-test et du post-test généralement plus marqués que pour l'entraînement unimodal. Pour la reconnaissance du carré, l'augmentation est de 0,57 ; pour le rectangle de 0,43 ; pour le triangle de 0,07, et enfin de 1,21 pour le triangle rectangle. A l'échelle de la classe, soit 28 élèves, on peut observer un progrès général plus important pour le deuxième groupe.

Les résultats ainsi obtenus tendent à rejoindre ceux des études précédemment menées sur l'intégration de la modalité haptique dans les situations d'apprentissage.

Discussion

Suite à l'état de la recherche mené en première partie de cette étude, la modalité haptique incluse au sein des situations d'enseignement nous apparaissait comme un levier pour favoriser les apprentissages. Les différentes études portant sur le sujet sont majoritairement menées auprès d'élèves scolarisés en école maternelle sur divers champs d'apprentissage (lecture, écriture, géométrie) et l'exploration tactilo-kinesthésique s'est révélée être source de bénéfices dans la construction de savoirs chez le jeune enfant. L'objectif de cette étude exploratoire était de mener une expérience similaire, mais auprès d'enfants plus âgés (de 8 à 9 ans), scolarisés en fin de cycle 2, afin de prouver les bienfaits de la manipulation pour non seulement découvrir une nouvelle notion mais également pour en approfondir les connaissances. L'enjeu principal était ici d'utiliser la modalité haptique dans des situations visant l'acquisition de connaissances géométriques, plus particulièrement celles relatives aux formes géométriques usuelles, afin d'apporter une solution de résolution supplémentaire aux élèves et de les aider dans leur conceptualisation des propriétés géométriques. Nous avons comparé les résultats obtenus par deux groupes d'élèves, travaillant sur les mêmes notions et compétences, mais utilisant des modalités de résolution différentes. La modalité visuelle a été utilisée par le premier groupe, tandis que le deuxième a expérimenté un entraînement bimodal, faisant appel aux modalités visuelle et haptique.

Lors du pré-test, nous prenons en considération que des difficultés ont pu être rencontrées par les élèves car induites par la représentation prototypique des figures proposées (carré et rectangle parfois présentés avec les côtés parallèles à la feuille ; triangle représenté avec un côté horizontal) (Pinet & Gentaz, 2008).

Après analyse, les résultats révèlent que l'entraînement visuo-haptique tend vers davantage de progrès des élèves que l'entraînement visuel. Ce dernier offre pour trois des formes géométriques proposées une légère amélioration des résultats, mais les écarts de score moyen entre les deux tests sont moins

significatifs. Seul le cas du triangle ne révèle pas d'amélioration significative des compétences des élèves, quelque soit l'entraînement proposé (augmentation de 0,07).

Pour le carré, seul le deuxième entraînement permet aux élèves de distinguer de manière plus efficiente cette catégorie de figures géométriques. Concernant le rectangle, une amélioration du score général est observée chez les groupes d'élèves, mais l'écart entre le score des deux tests reste plus prononcé dans le cas de l'entraînement visuohaptique (+0,29 pour l'entraînement visuel contre 0,43 pour l'entraînement visuo-haptique). Enfin, la différence la plus significative dans cette étude concerne le triangle rectangle. En effet, les deux groupes voient leurs résultats s'améliorer, mais de seulement 0,21 pour le premier groupe contre 1,21 pour le deuxième.

Ces constats peuvent s'expliquer par exemple par la quantité et la complexité des propriétés propres à ces catégories de figures comme les longueurs des côtés, le parallélisme et la perpendicularité pour le rectangle et le carré ; ou encore par la présence de l'angle droit dans le triangle rectangle, seule composante le distinguant d'un triangle quelconque.

La manipulation implique « un codage multimodal en mémoire à la fois visuel, haptique et moteur » (Pinet & Gentaz, 2008, p. 24). Les sources d'informations lors de l'exploration kinesthésique sont donc multiples, et leur combinaison amènerait donc l'enfant à mieux se représenter l'objet d'étude mentalement.

Les résultats ici recueillis permettent de supposer que les situations d'apprentissage intégrant la modalité haptique permettent une appropriation plus efficiente des propriétés des figures usuelles en géométrie. Notre hypothèse générale a donc été validée par l'étude exploratoire menée, les élèves utilisant la modalité visuohaptique obtiennent de meilleurs résultats entre le pré-test et le post-test que le groupe soumis à l'entraînement uniquement visuel. Ces résultats corroborent les études menées par Pridgde (1978) et Pinet et Gentaz (2008), selon lesquelles une exploration multisensorielle, intégrant les modalités visuelle

et haptique, aurait un effet bénéfique dans l'identification des figures géométriques et de leurs propriétés.

Néanmoins, il paraît nécessaire d'explicitier les limites de ce travail. L'échantillon de la population retenu ne se réduit qu'à 28 élèves, ce qui rend les résultats obtenus peu significatifs. Une étude menée à une échelle plus grande permettrait d'obtenir des données aboutissant à une analyse plus fine de cette expérimentation. De plus, la constitution des groupes visait une répartition des élèves la plus équitable possible. Mais chaque élève ayant son propre profil cognitif et ses acquis scolaires plus ou moins stables, l'équivalence des deux groupes étudiés reste supposée. Mais cette variable impacte seulement les taux de réussite au pré-test, le reste de l'étude s'appuyant majoritairement sur les écarts du taux de réussite entre les deux tests.

Enfin, du point de vue des bénéficiaires, cette expérience a suscité une motivation accrue chez les élèves de la classe par son caractère collaboratif. Comme l'explique Viau (2000), les activités impliquant un travail de coopération entre pairs instaurent un climat de confiance et une attention particulière chez les élèves. Comme le montrent certaines études décrites précédemment et comme l'illustre celle-ci, la prise en compte des diverses formes d'intelligence durant l'élaboration et la mise en œuvre de séances d'apprentissage semble être un levier motivationnel pour les élèves. Chacun peut alors exploiter ses propres potentialités et de nouvelles démarches de résolution s'offrent aux élèves. Afin de prendre en compte la diversité des profils cognitifs de la classe, comme précisé dans le Référentiel de compétences des métiers du professorat et de l'éducation (2013), il semble pertinent de s'appuyer sur les diverses théories de l'intelligence, notamment celle développée par Gardner (1983).

Conclusion

L'intelligence est un terme complexe, qui a été objet d'étude de nombreuses recherches. Depuis la théorie unifactorielle de l'intelligence proposée par Spearman en 1904, selon laquelle toutes les performances mentales seraient conceptualisées à travers un facteur général, appelé facteur G, d'autres études ont proposé une vision moins triviale des capacités cognitives. Parmi elles, celle des intelligences multiples, développée en 1983 par le psychologue cognitiviste Howard Gardner, qui en propose une vision multifactorielle. D'après lui, par l'effet de l'environnement sur l'individu, chacun développe huit formes d'intelligence différentes. Mais le système éducatif valorise encore aujourd'hui seulement deux de ces formes : l'intelligence linguistique et logico-mathématique. Malgré cela, la théorie d'Howard Gardner prend de l'ampleur auprès des professionnels de l'éducation et son entrée à l'école apparaît comme bénéfique dans la construction du savoir.

Cette recherche s'appuie sur une seule des formes d'intelligence développée par Gardner, l'intelligence corporelle kinesthésique, et tente d'éclairer la place du mouvement et du corps dans les apprentissages scolaires. Afin d'illustrer cela, une étude exploratoire a été menée au sein d'une classe de CE2, dans le but de comparer l'appropriation des propriétés des figures géométriques usuelles dans le cas d'un entraînement unimodal (modalité visuelle) et d'un entraînement bimodal, faisant appel à la combinaison de la modalité haptique et visuelle. L'hypothèse émise au départ de cette étude était : la modalité haptique entraîne chez les élèves une reconnaissance des formes géométriques plus efficiente. L'expérience menée en classe auprès des 28 élèves, séparés en deux groupes distincts, a permis de valider cette hypothèse. En effet, l'entraînement visuohaptique génère un progrès général plus important que l'entraînement uniquement visuel.

Au vu des résultats recueillis, l'intégration de diverses modalités dans les apprentissages pourrait faciliter l'acquisition de connaissances et de compétences des élèves. Ici n'a été étudiée que la dimension kinesthésique de

l'intelligence, mais la théorie de Gardner en propose d'autres, qu'il serait intéressant d'inclure davantage dans la pratique professionnelle des enseignants, car sa théorie offre différents biais d'action pour prendre en compte la diversité des élèves d'une classe. En plus d'offrir des entrées différentes à des élèves en difficulté, la mise en application de cette théorie en classe permettrait de faire prendre conscience aux élèves de leurs réelles potentialités et de ce fait d'améliorer l'estime de soi.

Bibliographie

- Adad, D., Chevalier, C., Dell'Angelo-Sauvage, M., Garas, V., Lasnier, B., Mendibil, D., Pettier, J.-C., & Richard, P., (2011). *Guide pour enseigner autrement selon la théorie des intelligences multiples*. Paris : Retz.
- Armstrong, T., (1994). *Multiple intelligences in the classroom*. Rexton : Association for Supervision and Curriculum Development.
- Armstrong, T., (2002). *Déficit d'attention et hyperactivité. Stratégies pour intervenir autrement en classe*. Montréal : Chenelière/McGraw-Hill.
- Baldy, R., (2007). L'intelligence des élèves, sa mesure et l'hétérogénéité des classes. *Cahiers Pédagogiques*, 454. Repéré à [http://www.cahiers-pedagogiques.com/L-intelligence-des-eleves-sa-mesure-et-l-heterogeneite-des-classes]
- Bannatyne, A. (1971). *Language, reading, and learning disabilities*. Springfield : Charles C. Thomas.
- Barrington, E. (2004). Teaching to student diversity in higher education: how Multiple Intelligence Theory can help. *Teaching in Higher Education*, 9(4), 421-434.
- Beaulieu-Pinard, S. (2014). *L'apprentissage de la valeur de position en arithmétique par une approche kinesthésique chez les élèves du deuxième cycle du primaire* (Maîtrise en éducation, Université du Québec, Montréal). Repéré à <https://archipel.uqam.ca/8697/1/M13270.pdf>
- Berdonneau, C., (2006). *De l'importance des gestes pour l'apprentissage des concepts mathématiques*. Conférence pédagogique du CRDP de Rouen, 7 juin 2006.
- Bruner, J.S., (1996). *L'éducation, entrée dans la culture. Les problèmes de l'école à la lumière de la psychologie culturelle*. Paris : Retz.
- Chartrand, C., Chevalier, N., Rouillard, M., (2009). Interventions des enseignants et des éducateurs auprès de jeunes ayant un TDAH. In N. Chevalier, M.-C. Guay, A. Achim, P. Lageix, H. Poissant (dir.). *Trouble*

- déficitaire de l'attention avec hyperactivité : soigner, éduquer, surtout valoriser.* Québec : Presses de l'Université du Québec, 231-254.
- Chevalier, N., & Girard-Lajoie, A. (2000). *La gestion de l'attention : un programme d'éducation de l'attention à l'usage des enseignants-es du premier cycle du primaire.* Montréal : Université du Québec à Montréal, Service aux Collectivités.
 - Chevalier, N., Achim, A., Poissant, H., Bélair, N., Picard, C., Bergeron, H. & Girard-Lajoie, A. (2003). Education au contrôle de l'attention auprès d'élèves présentant un trouble déficitaire de l'attention/hyperactivité. In J. Lévy, D. Maisonneuve, H. Bilodeau, et C. Garnier (dir.). *Enjeux psychosociaux de la santé.* Québec : Presses de l'Université du Québec, 163-180.
 - Chevalier, N., Guay, M.-C., & Larrison Faucher, A. (2004). Stratégies d'éducation de l'attention au préscolaire 5ans : réduction des comportements d'inattention et d'hyperactivité. Communication au Colloque sur le trouble déficitaire de l'attention/hyperactivité, Montréal Congrès de l'ACFAS.
 - Clements, D., Swaminathan, S., Hannibal, M., & Sarama, J., (1999). Young children's concepts of shape. *Journal for Research in Mathematics Education, 30*, 192-212
 - Cagnet, G. (2011). Les trois vies du Binet-Simon : Binet-Simon, NEMI, NEMI-2. *Recherches et éducatives, 5*, 165-179.
 - Crahay, M. (1999). *Psychologie de l'éducation.* Paris : PUF. 374p.
 - Dias, T., (2012). *Manipuler et expérimenter en mathématiques.* Paris : Magnard.
 - Doise, W., & Mugny, G., (1981). *Le développement social de l'intelligence.* Paris : InterEditions.
 - Douglas, O., Burton, K. S., & Reese-Durham, N. (2008). The effects of the multiple intelligence teaching strategy on the academic achievement of eight grade math students. *Journal of Instructional Psychology, 35*(2), 182-187.

- Dufour, A. (2011). *Effets d'entraînements multi-sensoriels à la connaissance des lettres sur les habiletés en écriture et en lecture chez les enfants de 5 ans tout-venant*. (Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste, Institut des sciences et techniques de réadaptation, Lyon). Repéré à http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDMED_MORT_2011_DUFOUR_AMELIE.pdf
- Eisner, E. (2004). Multiple intelligences: Its tensions and possibilities. *Teachers College Record*, 106, 31-39.
- Fleming, E. (1984). *Believe the heart: our dyslexic days*. San Francisco : Straberry Hill Press
- Garas, V., & Chevalier, C., (2011). Diversifier selon la théorie des intelligences multiples. *Résonances*, 3, 8-9.
- Gardner, H., (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1993). *Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1996). *Les intelligences multiples. Pour changer l'école : la prise en compte des différentes formes d'intelligence*. Paris : Retz
- Gardner, H. (1996). *L'intelligence et l'école. La pensée de l'enfant et les visées de l'enseignement*. Paris : Retz.
- Gentaz, E. (2009). *La main, le cerveau et le toucher*. Paris : Dunod.
- Gentaz, E., Colé, P., & Bara F. (2003). Évaluation d'entraînements multi-sensoriels de préparation à la lecture pour les enfants en grande section de maternelle : une étude sur la contribution du système haptique manuel. *L'année psychologique*, 103(4), 561-584.
- Gentaz, E., Bara, F., Palluel-Germain, L., & Hillairet de Boisferon, A. (2009). Apports de la modalité haptique manuelle dans les apprentissages scolaires (lecture, écriture et géométrie). *Cognito*, 3(3), 1-38.
- Girault, I., (2007). Théories d'apprentissage et théories didactiques. Repéré à [\[http://imss-www.upmf-grenoble.fr/prevert/MasterIC2A/SpecialiteDS/Cours%202007/UE1/Theories_Apprentissage_master.pdf\]](http://imss-www.upmf-grenoble.fr/prevert/MasterIC2A/SpecialiteDS/Cours%202007/UE1/Theories_Apprentissage_master.pdf)

- Gregoire, J. (2007). Les indices du WISC-IV et leur interprétation. *Le Journal des psychologues*, 253(10), 26-30.
- Guimelli, C., (1999). Les représentations sociales. Dans : Christian Guimelli éd., *La pensée sociale* (pp. 63-78). Paris cedex 14, France : Presses Universitaires de France.
- Hatwell, Y., Streri, A., & Gentaz, E., (2000). *Toucher pour connaître : Psychologie cognitive de la perception tactile manuelle*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Hourst, B. (2006). *A l'école des intelligences multiples*. Paris : Hachette Education.
- Hourst, B. (2011). Les intelligences multiples, de la théorie à la pratique. *Résonances*, 3, 4-6.
- Labat, H., Ecalle, J., & Magnan, A., (2010). Effets d'entraînements bimodaux à la connaissance des lettres. Etude transversale chez des enfants de trois et cinq ans. *Psychologie Française*, 55(2), 113-127.
- La Garanderie, A., (1980). *Les profils pédagogiques : discerner les aptitudes scolaires*. Paris : Le Centurion.
- Leblanc, R., (1997). Une difficulté d'apprentissage : sous la lentille du modèle des intelligences multiples. *Les difficultés d'apprentissage*, 25(2), 31-47.
- Lederman, S., & Klatzky, R.L., (1987). Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, 19(3), 342-368.
- Longcamp, M., Lagarrigue, A., & Velay, J.-L., (2010). Contribution de la motricité graphique à la reconnaissance visuelle des lettres. *Psychologie française*, 55, 181-194.
- McMahon, S., Rose, D., & Parks, M., (2004). Multiple Intelligences and Reading Achievement : An Examination of the Teele Inventory of Multiple Intelligences. *The Journal of Experimental Education*, 73(1), 41-52.
- Montessori, M. (1958). *Pédagogie scientifique, la maison des enfants*. Alençon : Desclée de Brower.
- Perrenoud, P. (2003). Qu'est-ce qu'apprendre ? *Enfances et Psy*, 24(4), 9-17.

- Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Pinet, I., Gentaz, E., (2007). La reconnaissance de figures géométriques planes (cercle, carré, rectangle et triangle) chez les enfants de 5 ans. *Grand N*, 80, 17-28.
- Pinet, L. & Gentaz, E. (2008). Evaluation d'entraînements multisensoriels de préparation à la reconnaissance de figures géométriques planes chez les enfants de cinq ans : étude de la contribution du système haptique manuel. *Revue française de pédagogie*, 1(162), 29-44.
- Pridgde, G. R. (1978). The differential effects of the use of manipulative aids on the learning of geometric concepts by elementary school children. *Journal for Research in Mathematics Education*, 9, 361-367.
- Reuchlin, M., (1991). Intelligence. Dans H. Bloch (dir.), *Grand Dictionnaire de la Psychologie* (p. 391-393). Paris : Larousse.
- Seki, K., Yajima, M., & Sugishita, M., (1995). The efficacy of kinesthetic reading treatment for pure alexia. *Neuropsychologia*, 33(5), 595–609.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organism: an experimental analysis*. Oxford, England: Appleton-Century.
- Spearman, C. (1904). « General intelligence », Objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293.
- Stevens, S.H. (1985). *Differences to celebrate*. [S.I.] : Distributed by ERIC Clearinghouse.
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Velay, J.-L., Longcamp, M., & Zerbato-Poudou, M.-T., (2005). Apprendre à écrire les lettres pour mieux les reconnaître. In Thinus-Blanc, C., Bullier, J. (dir.), *Agir dans l'espace*. Paris : Editions de la Maison des sciences de l'homme.
- Viau, R., (2000). Des conditions pour susciter la motivation des élèves. *Correspondances*, 5 (3) : 2-4. URL : http://www4.ac-nancy-metz.fr/ien57yutz/IMG/pdf/Conditions_pour_susciter_la_motivation.pdf

- Waterworth, J. A. (2002). Conscience, action et conception de l'espace virtuel : relier les technologies de l'information, l'esprit et la créativité humaine. In M. Borillo & J.-P. Goulette (dir.), *Cognition et création, explorations cognitives des processus de conception* (119-149). Sprimont : Mardaga.
- Watson, J., (1913). Psychology as the Behaviorist views it. *Psychology Review*, 20, 158-177.
- Zazzo, R., Gilly, M., & Verba-Rad, M., (1966). *Nouvelle échelle métrique de l'intelligence*. Paris : Colin
- Zazzo, R., Dague, P., Schmelk, M.A., Rossi, P. (1975). W.I.S.C et N.E.M.I Premiers résultats d'une étude comparative. *Enfance*, 28(3-4), 253-271.

Annexes

Annexe 1 : Feuille de niveau de la NEMI (Zazzo, R., Gilly, M., & Verba-Rad, M., (1966)

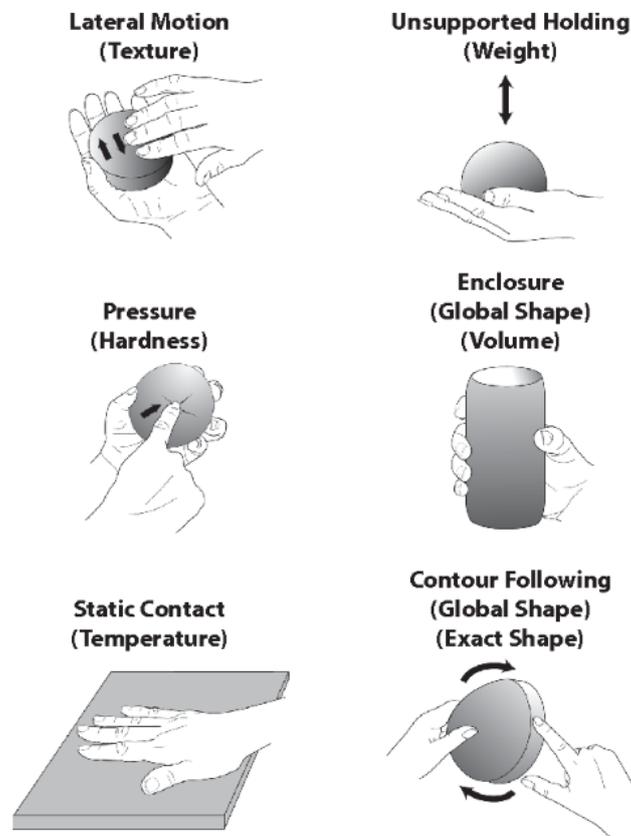
La nouvelle échelle métrique (1966)

- | | |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">3e année</p> <ol style="list-style-type: none">1. Montrer nez, œil, bouche.2. Nommer clé, couteau, sou.3. Énumérer une gravure.4. Répéter 2 chiffres (endroit).5. Dire son sexe.6. Comparer 2 lignes.7. Donner son nom de famille.8. Répéter 6 syllabes. <p style="text-align: center;">4e année</p> <ol style="list-style-type: none">9. Comparer 2 poids.10. Répéter 3 chiffres (endroit).11. Répéter 10 syllabes (+)12. Jeu de patience.13. Définition de mots familiers.14. Copie du carré (+). <p style="text-align: center;">5e année</p> <ol style="list-style-type: none">15. Comparaison esthétiques.16. Compter 4 jetons (+).17. Nommer 4 couleurs.18. Exécuter 3 commissions (+).19. Distinguer matin, après-midi, soir. <p style="text-align: center;">6e année</p> <ol style="list-style-type: none">20. Compter 13 jetons (+).21. Lacunes de figures (+).22. Main droite, œil gauche.23. Copie du losange (+) (L-).24. Deux objets de souvenir. <p style="text-align: center;">7e année</p> <ol style="list-style-type: none">25. Décrire une gravure (L-).26. Logique verbale : 1er degré.27. 9 points dont 3 doubles (+) (L-)28. Date du jour (+) (L-). <p style="text-align: center;">8e année</p> <ol style="list-style-type: none">29. Compter de 20 à 0 (+) (L-) (D-)30. Vocabulaire : 16 mots (+)31. Énumérer les mois (L-) (D+).32. Répéter 5 chiffres (end.) (-) (D-) <p style="text-align: center;">9e année</p> <ol style="list-style-type: none">33. Rendre la monnaie (L-).34. Phrases absurdes, 3 pts (D+).35. Vocabulaire, 21 mots (+).36. Logique verbale : 2e degré. | <p style="text-align: center;">10e année</p> <ol style="list-style-type: none">37. Comptage de cubes, 10 pts.38. Répéter 4 chiffres (rebours) (-).39. Phrases en désordre (D-).40. Ressemblances, 4 pts (+).41. Vocabulaire, 25 mots (+). <p style="text-align: center;">11e année</p> <ol style="list-style-type: none">42. Dessins de mémoire (L-) (D-).43. Séries de nombres, 2 pts.44. Ingéniosité, 1 sur 3 (+).45. 3 mots en une phrase (D-). <p style="text-align: center;">12e année</p> <ol style="list-style-type: none">46. Séries de mots, 3 pts.47. Vocabulaire, 28 mots (+).48. Interpréter une gravure (D+).49. Ressemblance, 6 pts (+). <p style="text-align: center;">13e année</p> <ol style="list-style-type: none">50. Phrases absurdes, 5 pts.51. Code (+).52. Répéter 5 chiffres (rebours) (-).53. Ressemblance, 8 pts (+). <p style="text-align: center;">14e année</p> <ol style="list-style-type: none">54. Répéter 7 chiffres (end.) (-) (D-)55. Séries de nombres, 3 pts.56. Vocabulaire, 31 mots (+).57. Comptage de cubes, 13 pts. <p style="text-align: center;">Supérieur à 14 ans</p> <ol style="list-style-type: none">58. Faits divers (+) (D+).59. Séries de mots, 4 pts.60. Ressemblance, 10 pts (+).61. Découpage.62. Ingéniosité, 2 sur 3 (+).63. Vocabulaire, 34 mots (+).64. Phrases absurdes, 6 pts.65. Séries de nombres, 4 pts.66. Comptage de cubes, 14 pts.67. Ressemblances, 12 pts.68. Répéter 6 chiffres (rebours).69. Vocabulaire, 37 mots.70. Séries de mots, 5 pts.71. Ressemblances, 14 pts.72. Vocabulaire, 40 mots.73. Ingéniosité, 3 sur 3.74. Séries de nombres, 6 pts. |
|--|--|
- Numéros en caractère gras** : sondage commun. (-) : mauvaise épreuve de développement.
* : sondage, épreuves faciles. (D+) : facile pour les débiles.
** : sondage, épreuves difficiles. (D-) : difficile pour les débiles.
(+) : bonne épreuve de développement. (L-) : difficile pour les sujets ayant des difficultés de lecture.

Annexe 2 : Origine des items retenus pour la NEMI-2 (Cognet, 2011)

Epreuves	Origine des items
Connaissances	7 items proviennent du Binet-Simon tels que Nommer 4 couleurs, Compter 4 objets, etc.
Comparaisons	3 items proviennent de Comparer deux objets de souvenirs (Binet-Simon) et 5 de Ressemblances (NEMI).
Matrices analogiques	Création NEMI-2
Vocabulaire	3 items sont repris de Définition de mots familiers (Binet-Simon) et 7 de Vocabulaire (NEMI).
Adaptation sociale	6 items issus de Questions de compréhension (Binet-Simon,).
Répétition de chiffres	Epreuve, du Binet-Simon de 1908, reprise par Zazzo avec de légères modifications.
Copie de figures géométriques	Issus de 4 items provenant du Binet-Simon : Copie du carré et Copie du losange, Deux dessins de mémoire.
Comptage de cubes	8 items repris de Comptage de cubes de la NEMI.

Annexe 3 : Procédures exploratoires manuelles associées et la propriété des objets associée (Lederman et Klatzky, 1987)

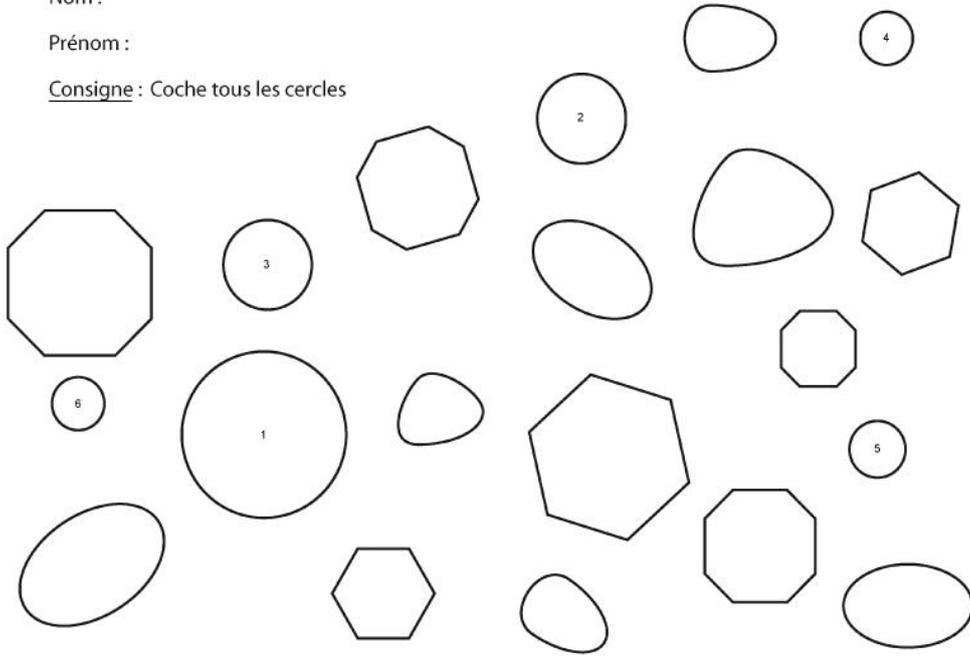


Annexe 4 : Test de la reconnaissance du cercle proposé aux élèves en pré-test (Pinet & Gentaz 2007)

Nom :

Prénom :

Consigne : Coche tous les cercles

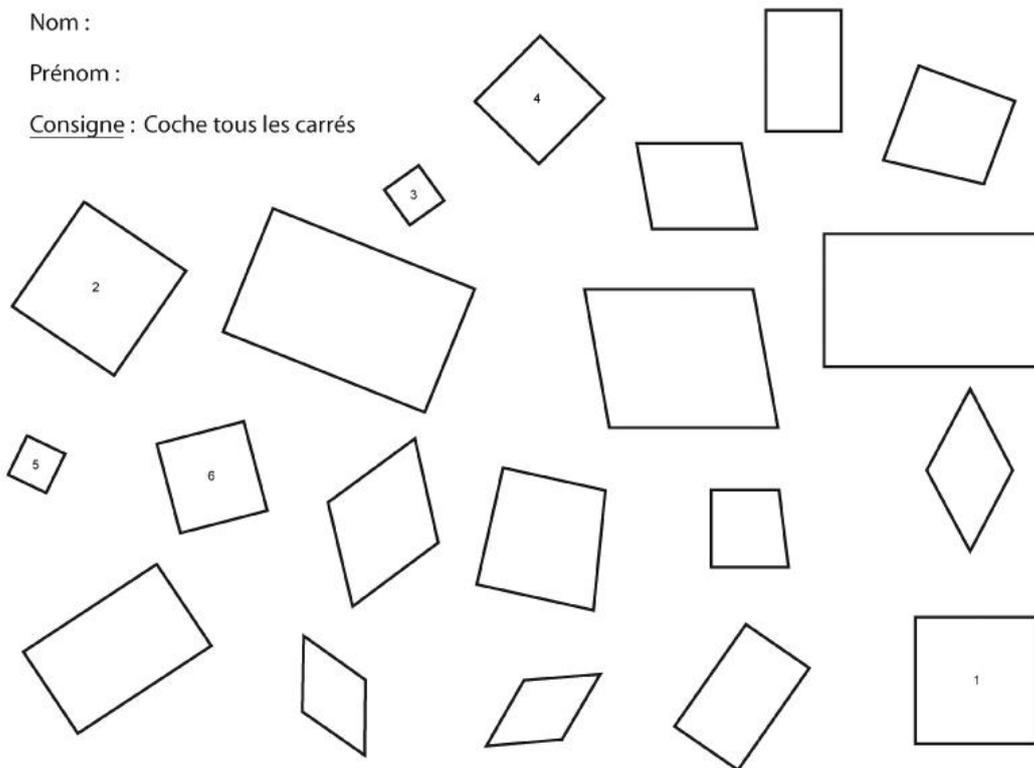


Annexe 5 : Test de la reconnaissance du carré proposé aux élèves en pré-test et post-test (Pinet & Gentaz 2007)

Nom :

Prénom :

Consigne : Coche tous les carrés

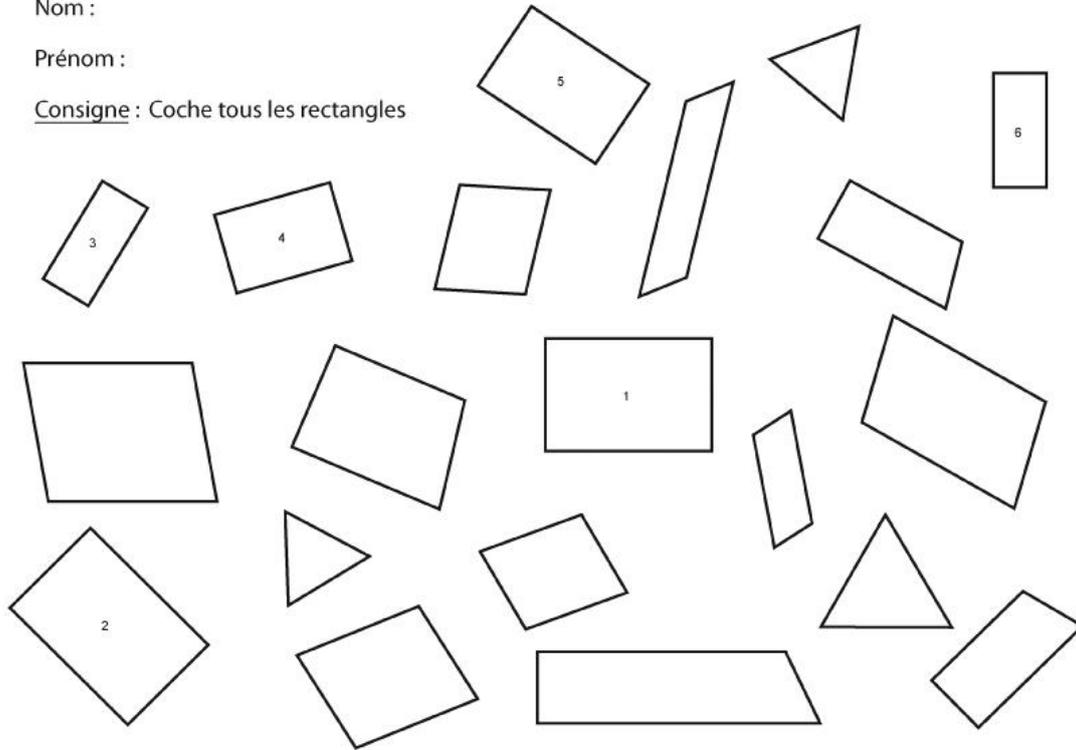


Annexe 6 : Test de la reconnaissance du rectangle proposé aux élèves en pré-test et post-test (Pinet & Gentaz 2007)

Nom :

Prénom :

Consigne : Coche tous les rectangles

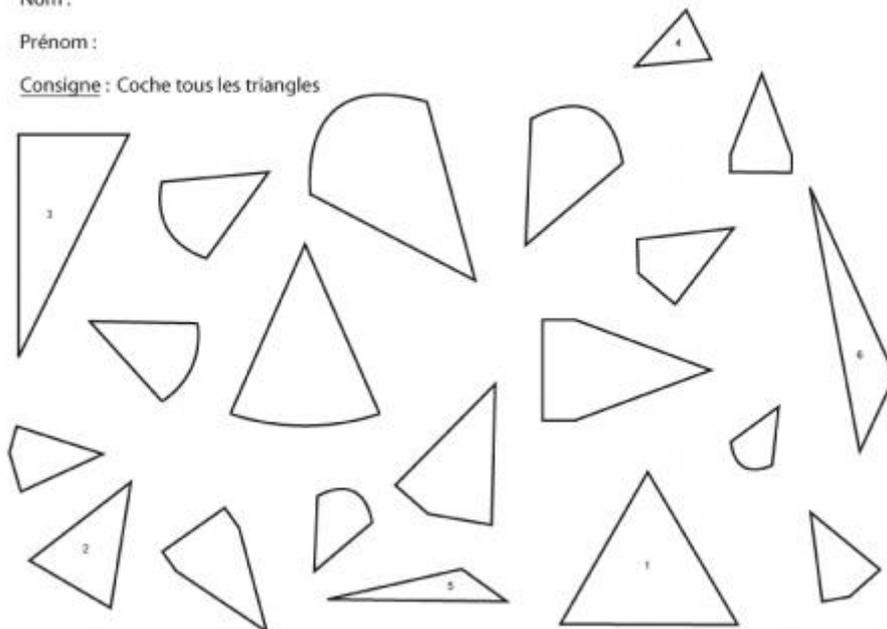


Annexe 7 : Test de la reconnaissance du triangle proposé aux élèves en pré-test et post-test (Pinet & Gentaz 2007)

Nom :

Prénom :

Consigne : Coche tous les triangles



Annexe 8 : Test de la reconnaissance du triangle rectangle proposé aux élèves en pré-test et post-test (créé pour les besoins de l'expérimentation)

Nom :

Prénom :

Consigne : Coche tous les triangles rectangles

