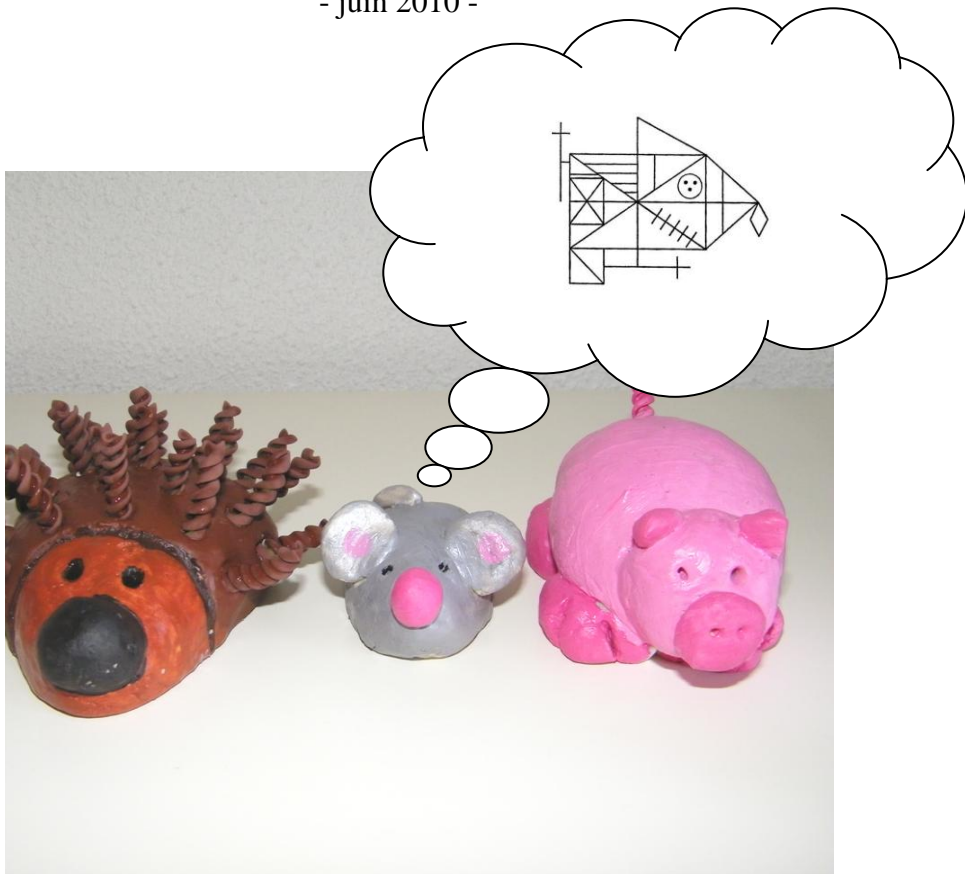


Université Paul Sabatier
Faculté de Médecine de Toulouse Rangueil
Institut de Formation en Psychomotricité

Une part de Spatial dans la Visuo-construction ?

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'état de psychomotricien
- juin 2010 -



ENTERIC Maryon
VILOTITCH Lara

REMERCIEMENTS

En premier lieu nous tenons à remercier tout les psychomotriciens et leur stagiaire qui ont participé à notre protocole :

Mlle Céline Chignac et Mlle Marion Koscielniak,
Mr Régis Soppelsa et Mlle Cécile Poichotte,
Mr Jérôme Marquet-Doléac et Mlle Solen Bourdin,
Mr Eric Aubert et Mlle Sophie Escande,
Mlle Sandy Mucke et Mlle Céline Durante,
Mlle Déborah Mutel et Mlle Lucie Marion,
Mlle Rozen Gernigon Et Mr Joel Braguy,
Mr Michel Santamaria et Mlle Marion Latapie,
Mr Charlie Laurent,
Mlle Céline Chaffiotte
et Mlle Valérie Grand Pierre.

Nous remercions aussi tous les enfants qui se sont prêtés à nos exercices, même si cela n'a pas été facile !

Un remerciement tout particulier pour nos maîtres de stage qui nous ont guidées, soutenues, et conseillées tout au long de l'année : Mlle Céline Chaffiotte et Mlle Valérie Grand Pierre.

Nous remercions aussi Mr Régis Soppelsa pour son enthousiasme, ses conseils avisés et son sang froid face à nos nombreux interrogatoires.

Merci à Mr Jean Michel Albaret pour son aide précieuse, sa disponibilité et sa patience lors du douloureux périple de l'analyse statistique.

Un grand merci à Mlle Nathalie Noack pour ses précieux conseils et l'abondance de la documentation qu'elle a mis à notre disposition.

Enfin, merci à nos proches, nos amis et en particulier à Sylvain et David pour leur soutien tout au long de cette année.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
PARTIE THEORIQUE	7
I - Visuoconstruction	8
1) Définition	8
a) <i>Historique</i>	8
b) <i>Définition actuelle</i>	8
2) Ontogénèse	9
3) Neuroanatomie	11
4) Le modèle de Van Sommers	12
5) Rééducations actuelles	18
II - La décentration	18
1) Généralités.....	18
2) Mise en évidence	19
3) Facteurs de complexité.....	21
4) Les mécanismes.....	23
5) Types d'erreurs.....	24
III - Image Mentale	25
1) Généralités	25
a) <i>Définitions</i>	25
b) <i>Analogie entre imagerie et perception</i>	26
c) <i>Développement de l'image mentale</i>	27
3) Image mentale et représentation spatiale	30
4) La rotation mentale	31
a) <i>Définition</i>	31
b) <i>Mécanismes</i>	32
c) <i>Deux types de rotation mentale</i>	32
d) <i>Critères de complexité d'un dispositif</i>	33
IV – La mémoire de travail visuo-spatiale	34
1) Modèle de la mémoire de travail de Baddeley.....	34
2) Modèle de la mémoire visuospatiale de Logie.....	35
Conclusion et introduction de notre travail	37

PARTIE PRATIQUE	40
I – Présentation du projet	41
II – Le Protocole	42
1) Les Bilans.....	42
a) <i>Figure de Rey</i>	42
b) <i>La bicyclette</i>	43
c) <i>Les cubes de la Nepsy</i>	43
e) <i>Piaget</i>	44
f) <i>Children Embedded Figure Test</i>	44
2) La population	45
3) Les exercices	45
a) <i>Topologie</i>	45
b) <i>Zazzo</i>	48
III - Résultats	52
1) Analyse statistique.....	53
a) <i>Variance entre les groupes</i>	53
b) <i>Efficacité du protocole</i>	54
c) <i>Comparaison des exercices</i>	56
2) Analyse clinique	57
a) <i>Déroulement des exercices</i>	57
b) <i>Analyse des bicyclettes et des figures de Rey</i>	59
3) Discussion.....	61
 CONCLUSION GENERALE	 64
 BIBLIOGRAPHIE	 66

INTRODUCTION

Le domaine visuo-constructif fait pleinement partie de la psychomotricité et relève de nombreux facteurs : cognitifs, moteurs et perceptifs. Les troubles qui en résultent dits « troubles visuo-constructifs » ont des répercussions scolaires aux niveaux de la géométrie, de l'écriture et des apprentissages techniques.

Ces troubles sont souvent rencontrés dans les prises en charge psychomotrices. En effet, la dyspraxie visuo-constructive est retrouvée dans de nombreuses pathologies (déficit intellectuel, Infirmité motrice cérébrale, Syndrome de William, Trouble déficitaire de l'attention, trouble d'acquisition de coordinations, dysgraphie, troubles psychologique...) que l'on rencontre fréquemment dans nos lieux de travail.

Intuitivement de nombreux psychomotriciens ainsi que de nombreux auteurs, voient un lien entre les capacités visuo-constructives et le domaine spatial.

Définie comme «la construction et la manipulation des représentations mentales des objets en deux et trois dimensions et la perception d'un objet à partir de perspectives différentes», la visualisation spatiale est considérée comme une partie essentielle de la pensée géométrique. L'accent mis sur les compétences spatiales en tant que composantes de l'enseignement géométrique est loin d'être nouveau. Une variété de méthodes est déjà utilisée par les enseignants dans le but d'améliorer les capacités des étudiants à visualiser et à manipuler mentalement les figures géométriques.

D'autres, au contraire, réfutent ce lien et pensent que ces deux domaines sont indépendants. Ainsi, Foreman et Gillet en 1997, affirment que des activités classées sous l'étiquette « espace », ayant en principe un fond commun se révèlent très indépendantes et différentes les unes des autres.

Dès 1977, Hécaen avançait que les troubles spatiaux consécutifs de lésions cérébrales illustraient bien la multiplicité d'expression des capacités spatiales.

Il a observé des dissociations chez des sujets cérébrolésés : ainsi certains présentaient des troubles de l'organisation spatiale dans le dessin ou dans l'écriture sans qu'il n'y est de trouble de l'orientation ou dans les connaissances topographiques ; d'autres au contraire présentaient des troubles dans l'utilisation effectives de l'espace (dans leur déplacement) sans que cela se traduise par des troubles graphiques.

Ce résultat sous entend que visuoconstruction et orientation spatiale engageraient des zones cérébrales différentes mais cela n'est pas suffisant pour prétendre que rien ne les lie.

L'analyse factorielle des compétences cognitives identifie un facteur spatial. Ce facteur présente deux sous facteurs : le sous facteur visualisation spatiale qui, d'après French (1951), est la capacité à comprendre des mouvements qui sont imaginés dans un espace en trois dimensions (rotation mentale) ou la capacité à imaginer la manipulation d'objets (imaginer la construction d'un objet). Le sous facteur orientation spatiale qui, selon Thurstone, est la capacité à reconnaître différents objets vus sous différents angles, à changer de point de vue en tenant compte de son référentiel, à visualiser un objet dans une configuration rigide quand il bouge dans différentes positions. Ces sous facteurs sont étroitement liés, ainsi plus la tâche est complexe moins on peut les séparer.

C'est ainsi que nous nous sommes demandées s'il était justifié d'établir un lien entre les capacités visuo-constructives et le domaine spatial.

Nous essaierons, dans ce mémoire, de répondre à cette question en analysant les effets qu'ont des exercices faisant intervenir le domaine spatial sur une dyspraxie visuo-constructive.

Notre hypothèse de départ est que les deux domaines sont en lien. Cependant nous ignorons la nature de ce lien. C'est pourquoi, nous chercherons dans une première partie, quels sont les mécanismes sous-jacents aux capacités visuo-constructives, d'une part, et spatiales, de l'autre. Le domaine spatial étant très vaste, nous avons choisi d'axer la partie traitant de ce sujet sur les capacités mises en jeu par nos exercices. Cela nous amènera à nous questionner sur l'intervention de l'image mentale et de la mémoire de travail visuo-spatiale tant dans la visuo-constructive que dans le domaine spatial.

PARTIE
THEORIQUE

I - Visuoconstruction

1) Définition

a) Historique

En 1880, le terme de troubles visuo-constructifs n'est pas encore utilisé et les désordres qui y correspondent sont interprétés comme étant « une perte du sens spatial ».

C'est en 1934 que Kleist et Strauss découvrent chez des adultes cérébro-lésés un trouble qu'ils nommeront « apraxie visuo-constructive ». Pour eux, il correspond à un trouble exécutif et praxiques et non pas à l'expression comportementale d'un trouble perceptif mais plutôt à un désordre de l'activité combinatoire ou de l'organisation dans lequel les détails et les relations entre les différents constituants d'une même entité ne sont pas bien appréhendés : la forme spatiale de la production n'est pas respectée.

Dans cette apraxie visuo-constructive pure, la perception visuelle de formes est correcte, la capacité à localiser des objets dans l'espace l'est aussi, et le sujet ne présente pas d'apraxie idéomotrice.

Les cas répondant à cette définition stricte sont rares, c'est pourquoi de nouveaux termes émergent comme la « dyspraxie constructive ».

Cette dernière n'est pas liée à une lésion cérébrale, contrairement à l'apraxie, mais à des lésions *a minima*. On ne retrouve donc aucun signe dur indiquant une lésion focalisée et le déficit se situe dans le cadre du développement.

La lente évolution des connaissances dans ce domaine reflète à la fois un manque d'intérêt théorique pour ce syndrome et la complexité de sa nature, faite de diverses compétences.

b) Définition actuelle

Aujourd'hui, la visuoconstruction serait la capacité à reproduire ou à dessiner spontanément des figures simples ou complexes à partir d'un modèle. Ce modèle est interne en ce qui concerne les dessins libres ou de mémoire, et est externe lorsqu'il s'agit de tâches de copie. Cette tâche concerne les domaines bi et tridimensionnel en fonction du modèle et de la production attendue (dessin, assemblage, construction...).

Pour MG Pécheux, la copie de figure implique une multiplicité de processus tels que l'intégration des facteurs perceptif, intellectuel, moteur et affectif. Il est évident qu'il en va de même pour la tâche visuo-constructive en général :

Premièrement, elle combine des activités perceptives avec des réponses motrices (graphique ou de motricité fine) : c'est un acte moteur finalisé, intentionnel, qui comporte donc une composante praxique.

De plus, elle nécessite des capacités attentionnelles, notamment l'attention sélective, qui va permettre à l'individu de sélectionner une partie de la construction comprenant certaines relations spatiales et certaines formes. Ces formes sont des données perceptives qui sont normalement connues par l'enfant. Ainsi l'individu extrait les informations spatiales prégnantes en s'appuyant sur des données perceptives telles que la forme, la taille, l'orientation, les relations spatiales entre les éléments présents dans le modèle.

Van Sommers (1984) appuie l'idée que, dans une activité de copie ou de reproduction de mémoire, de nombreux processus se mettent en place entre l'extraction de l'information par l'analyse visuelle et la production motrice. Il ajoute à ces processus le temps de stockage. En effet, son mauvais fonctionnement pourrait expliquer une inexactitude spatiale.

Dans la copie, ce temps est bref car l'individu fait des « va et vient » entre le modèle et sa production, il est plus long dans la reproduction de mémoire.

Ce processus fait alors intervenir la mémoire de travail visuo-spatiale dont nous reparlerons plus loin.

Enfin, Lezac en 1995 affirme que la tâche visuo-constructive possède toujours une composante spatiale.

2) Ontogénèse

MG Pecheux a observé la manière qu'ont les enfants de 5 à 10 ans de s'organiser pour copier une figure. Pendant que l'enfant copiait une figure, elle a observé le temps d'exploration, le temps de contrôle de la production et l'activité graphique (le modèle étant à une assez grande distance pour que l'enfant ne puisse pas contrôler et explorer en même temps). Elle voulait connaître le lien entre la qualité de reproduction et la distribution de l'activité visuel en activité exploratoire ou de contrôle.

- A 5 ans : l'enfant a besoin d'explorer longtemps et souvent le modèle il rencontre des problèmes dans l'identification des modèles : les différentes formes ne sont pas reconnues d'emblée. Dans 70% des cas les formes des éléments sont correctement

reproduites quand elles sont isolées mais ne sont pas conservées lorsque les éléments sont juxtaposés. Chez 30% des sujets la structure est totalement perdue. Dans ces conditions les relations internes ne sont presque jamais reproduites.

- A 6 ans : l'enfant maîtrise mieux la tâche, donc il explore moins le modèle et la réalise plus vite. La maîtrise des formes est acquise, leur reconnaissance est rapide par contre les relations internes ne sont pas souvent recherchées et respectées (alignement, dimension).
- A 7 ans : les relations entre les éléments contigus et entre les éléments proches commencent à apparaître.
- A 8 ans : les différentes relations sont d'autant mieux respectées que les éléments sont proches, ce qui exige une exploration plus précise, et surtout un contrôle visuel de la reproduction. Les schèmes moteurs des formes simples étant acquis assez tôt, un contrôle kinesthésique suffit à leur production, alors que l'exactitude des relations internes nécessite un contrôle visuel plus intense.
- Entre 8 et 10 ans : les explorations brèves sont plus nombreuses qu'à 6 ans, mais au total le temps d'exploration est plus faible, cependant le temps de contrôle de la production est élevé. En fait, l'enfant est capable d'explorer plus rapidement et de mémoriser plus longtemps les caractéristiques à reproduire. Ce changement d'attitude qui peut aussi arriver autour de l'âge 7 ans se manifeste dans de nombreuses activités cognitives.
- A 10 ans : les relations internes sont toutes respectées dans la moitié des cas.

Le temps total d'exploration du modèle décroît régulièrement avec l'âge. On peut en déduire que l'identification et la mémorisation de l'information sont d'autant plus rapides avec l'âge (atteignant un plafond à 8 secondes)

Le temps total de contrôle de la production n'évolue pas de manière linéaire, les enfants de 6 ans utilisent moins de temps de contrôle que ceux de 5 ans, mais ce temps augmente entre 7 et 8 ans. Cela suppose qu'à partir de 7 - 8 ans les enfants font des explorations brèves, plus nombreuses et ils retiennent plus longtemps l'information prise.

On peut alors distinguer deux étapes dans la reproduction de figures complexes : à 5 – 6 ans le problème majeur étant la reconnaissance et la reproduction des éléments en soi. Une fois cette étape dépassée l'exploration porte sur les détails les plus fins et les relations internes.

Tant au niveau de la qualité de copie qu'au niveau des stratégies de copie, on note qu'un changement net d'attitude a lieu vers 7 ans.

Par conséquent, dans ce type de tâches, il semble que la meilleure stratégie soit de reconnaître immédiatement les formes à reproduire ainsi que la structure générale (en vérifiant par de nombreux coups d'œil rapides les détails à respecter) et de contrôler l'exécution de la copie. L'évolution de l'accomplissement de cette tâche, avec pour âge charnière 7 ans, peut s'expliquer par le passage progressif du préconcept qui « implique l'image et reste en partie déterminé par elle » au pré-concept qui « s'affranchit par sa généralité » (Piaget).

Del Giudice et coll publient en 2000 les résultats d'une étude qui démontre que le schéma d'acquisition des compétences nécessaire au dessin n'est pas homogène. Ils observent un gradient d'évolution différent pour les capacités exploratoire, visuo-motrice, perceptive, de représentation et graphomotrice. Les capacités exploratoire et visuo-motrice sont presque à maturité à un moment où les capacités visuo-perceptives commencent à se développer. A cette même période, les auteurs repèrent des performances très faibles à des tâches de représentation et de construction. Ces résultats pourraient suggérer que les capacités de construction doivent disposer de compétences à la fois motrices, de perception et de représentation pour se développer correctement.

3) Neuroanatomie

Les premières recherches autour de la visuo-construction s'inscrivaient dans la théorie dites « localisationist associationist » où chaque cognition est considérée comme étant une entité spécifique correspondant à une région cérébrale précise. Les chercheurs ont donc d'abord essayé de localiser la lésion responsable du déficit visuo-constructif, puis ils ont comparé les différentes lésions en analysant les erreurs pour dégager les déficits propres à chacune.

De nombreuses études ont recherché la localisation de la lésion responsable :

Pour Kleist (1923,1934) le déficit est le signe d'une lésion post-parietale gauche qui entraînerait la dysconnexion entre les processus perceptifs et moteurs.

Cependant, Paterson et Zangwill montrent en 1944 que des lésions postérieures droites suffisent pour entraîner des troubles constructifs, souvent associés à des troubles de la perception visuo-spatiale. Ces lésions droites seraient plus fréquentes dans les troubles visuo-constructifs qui seraient généralement plus graves.

De Renzi ajoute en 1974 que plus la tâche spatiale est élémentaire, plus elle semble vulnérable aux lésions de l'hémisphère droit, tandis que plus la tâche est complexe plus l'hémisphère gauche contribue à son exécution.

La lésion occipito pariétale semble être une lésion cruciale comme le postulait Kleist : le lobe pariétal joue un rôle central dans le maniement des données spatiales et dans le contrôle des gestes. Or d'autres lésions comme les lésions frontales peuvent causer des déficits visuo-constructifs.

Dès les années 50, des études mettent en avant des atteintes différentes des capacités visuo-constructives selon que les lésions se situent dans l'hémisphère droit ou gauche. Le point de vue le plus fréquemment rencontré et celui illustré par Duesing qui postule que les lésions droites causent un déficit visuo-perceptif et les lésions gauches un déficit exécutif. L'hémisphère droit serait donc supérieur pour l'appréhension des relations spatiales, l'exploration et la localisation, ainsi que le traitement des données topologiques et projectives, et l'hémisphère gauche serait supérieur pour la représentation des opérations logiques et des activités gestuelles de transformations de l'espace, le traitement des données euclidiennes, le raisonnement logique ainsi que l'exécution.

Lezac en 1995 établit une nouvelle distinction : plus la lésion est antérieure, plus c'est la construction qui est touchée, et plus elle est sous corticale, plus c'est le dessin qui est touché.

4) Le modèle de Van Sommers

Globalement, la réalisation constructive peut être découpée en plusieurs étapes : premièrement l'analyse visuelle des différents éléments présents (reconnaissance de forme) et leur mise en relation (agencement), puis la planification de la construction (organisation), la reproduction praxique avec établissement d'un programme gestuel et enfin la vérification par rapport au modèle (comparaison).

En 1984 Bruce et Young publient un modèle neuropsychologique du système de dessin qui se compose de trois caractéristiques :

- La première correspond au traitement visuel qui englobe les trois modules de Marr :

La représentation en 2 dimensions qui permet une description primitive sans distinction de Figure/Fond (exemple : dessin d'un carré, la figure complexe de Rey).

La représentation en 2 demi dimensions qui permet l'encodage de l'orientation et de la distance de l'image, qui représente un volume (exemple : dessin d'un cube, photographie).

Enfin, *la structure en 3 dimensions* qui permet la description des formes et de l'organisation spatiale par une représentation modulaire hiérarchique incluant volume et surface.

- La deuxième caractéristique incorpore la mémoire du matériel visuel familier : c'est la représentation visuelle,

- La troisième caractéristique distingue deux voies : l'une passant par l'input visuel, l'autre par l'input verbal via le système phonologique et sémantique.

En 1989, Van Sommers enrichi ce modèle, il développe le système de production graphique, il introduit le système de représentation visuelle, le buffer de mémoire visuelle, il détaille le rôle du système sémantique et de la mémoire temporaire, et ajoute une entrée par le système haptique.

→ Développement du système de production graphique :

Van Sommers décompose le système de production graphique en cinq modules : « depiction decisions », « production strategy », « contingent planning and routine planning », « articulation and economies » et « motor programmes ».

- Depiction Decisions and processes :

Il est probable que pour dessiner, comme pour les tâches de reconnaissances, nous utilisons les mêmes représentations visuelles. Cependant, nos productions sont différentes des représentations visuelles de l'objet que nous avons dessiné, cela sous entend que les appareils de reconnaissances aient accès à beaucoup plus de données que le système de dessin. Par exemple, lorsqu'on nous demande de dessiner un arbre : toutes sortes d'arbres sous toutes sortes de points de vue sont à notre disposition dans nos représentations visuelles, cependant on sélectionnera prioritairement un prototype dans une position canonique sans avoir accès à toutes les autres alternatives, alors que pour la reconnaissance, nous avons besoins d'accéder à la totalité de ces informations. Lors de la copie le sujet fait des choix sur les caractéristiques

du modèle : orientation, dimension, quantité de détails, c'est ce choix que Van Sommers appelle « depiction decision ».

- Production strategy « chunking » (stratégie de production) :

Il y a un territoire ambigu entre analyse conceptuelle, analyse perceptive, et stratégie de production : le système sémantique (le concept) peut guider une segmentation du dessin (perceptive), qui, elle, va diriger notre production en la séquençant. Cette segmentation peut se faire selon une stratégie globale ou analytique et est subjective : une personne qui fragmentera la figure de Rey ne le fera pas parce qu'elle ne parvient pas à percevoir la totalité de la structure, mais parce qu'elle la traite comme plusieurs petites.

Pour Guérin et coll (1999) les stratégies de production pourraient être la conséquence des processus sémantiques, mais aussi des processus de perception et de planification.

- Contingent planning and routine planning :

Van Sommers distingue les planifications graphiques de routine (commencer un soleil par le cercle central et non par les rayons) et les planifications graphiques contingentes (dues aux contraintes inhérentes au dessin). Cette dernière est dépendante du niveau de compétences graphiques, de l'anticipation métrique et de l'anticipation des points d'insertions.

Selon Guérin et coll. (1999), seul le « contingent planning » ferait intervenir la planification. En effet, les dessins de routine peuvent être réalisés par l'activation de schèmes de production dans la mémoire associative et des représentations motrices dans la mémoire procédurale.

- Articulation and économies :

Le modèle de Van Sommers prend en considération des contraintes articulatoires et économiques qui vont influencer la production graphique. Elles reposent fortement sur la kinesthésie, l'expérience, et le principe du moindre effort.

Selon Guérin (1999), cette composante est plutôt mécanique que cognitive et ferait partie d'un large système de programmation d'actions.

- Motor Programmes :

Ce module correspond à la sélection et la mise en action des programmes moteurs.

→ Intervention du système de représentations visuelles (« visual representation system ») :

Pour dessiner un objet nous faisons appel aux souvenirs que nous avons de cet objet ou de ses représentations, un module de représentation visuelle correspondant à toutes les catégories d'inputs visuels (2D, 2 ½ D, et 3D) est donc nécessaire selon Van Sommers.

→ Ajout du buffer de mémoire visuelle (« Visual memory buffer ») :

Ce buffer est un tampon visuel interne actif qui va nous permettre d'avoir des facilités pour accéder, manipuler et inspecter la représentation visuelle. Il représente le pivot autour duquel le système graphique tourne. Pour Farah (1984), ce tampon ferait partie du flux de traitement visuel, mais servirait aussi de réceptacle pour les informations venant de la mémoire à long terme, et cela car l'imagerie et la perception ont des propriétés communes (comme nous le verrons plus tard).

→ Intervention du système sémantique :

La fonction de l'objet est l'une des propriétés les plus évidentes de l'implication du système sémantique dans le dessin. Deux constats s'imposent : le premier c'est que nous n'avons pas de manière systématique et explicite de code de connaissances sur la structure physique et l'apparence de la plupart des objets du quotidien. Le second, c'est que nos dessins sont généralement pauvres par rapport à la connaissance que nous avons de l'objet.

Une partie de l'explication de ces phénomènes résiderait dans la structure de nos systèmes de connaissances et dans la façon dont nous les interrogeons.

Les connaissances que nous avons sur les objets sont souvent sous une forme qui nécessitera une transformation et une intégration avant de pouvoir être utilisées.

→ Implication de la mémoire temporaire :

Il est possible de maintenir en mémoire temporaire une forme abstraite, des images ou des objets dans le but d'une reproduction tardive, sans pour autant que l'on dispose de représentations visuelles à long termes de ces derniers. Cette faculté doit donc être incluse dans le modèle, avec les appareils pour la description verbale des modèles (familiers ou non).

→ Ajout d'une entrée par le système haptique :

L'hypothèse la plus simple dans le cas d'une entrée par un input haptique serait que ces informations entrent dans le système sémantique et provoquent la récupération des représentations visuelles stockées. Un sujet qui palpe une cloche, par exemple, pourrait

l'identifier comme une cloche, et appeler à une impression visuelle de celle-ci. Mais puisque l'on peut sans doute dessiner un objet qui n'a pas de sens c'est qu'il y a une voie qui contourne le système sémantique pour dessiner l'objet juste comme il apparaît être par le toucher (Riddoch, Humphreys, & Prix).

D'après les données de Roncato, de 1987, on peut rajouter à ce modèle cognitif la comparaison de la reproduction et de son modèle qui se fait au cours et à la fin de la production.

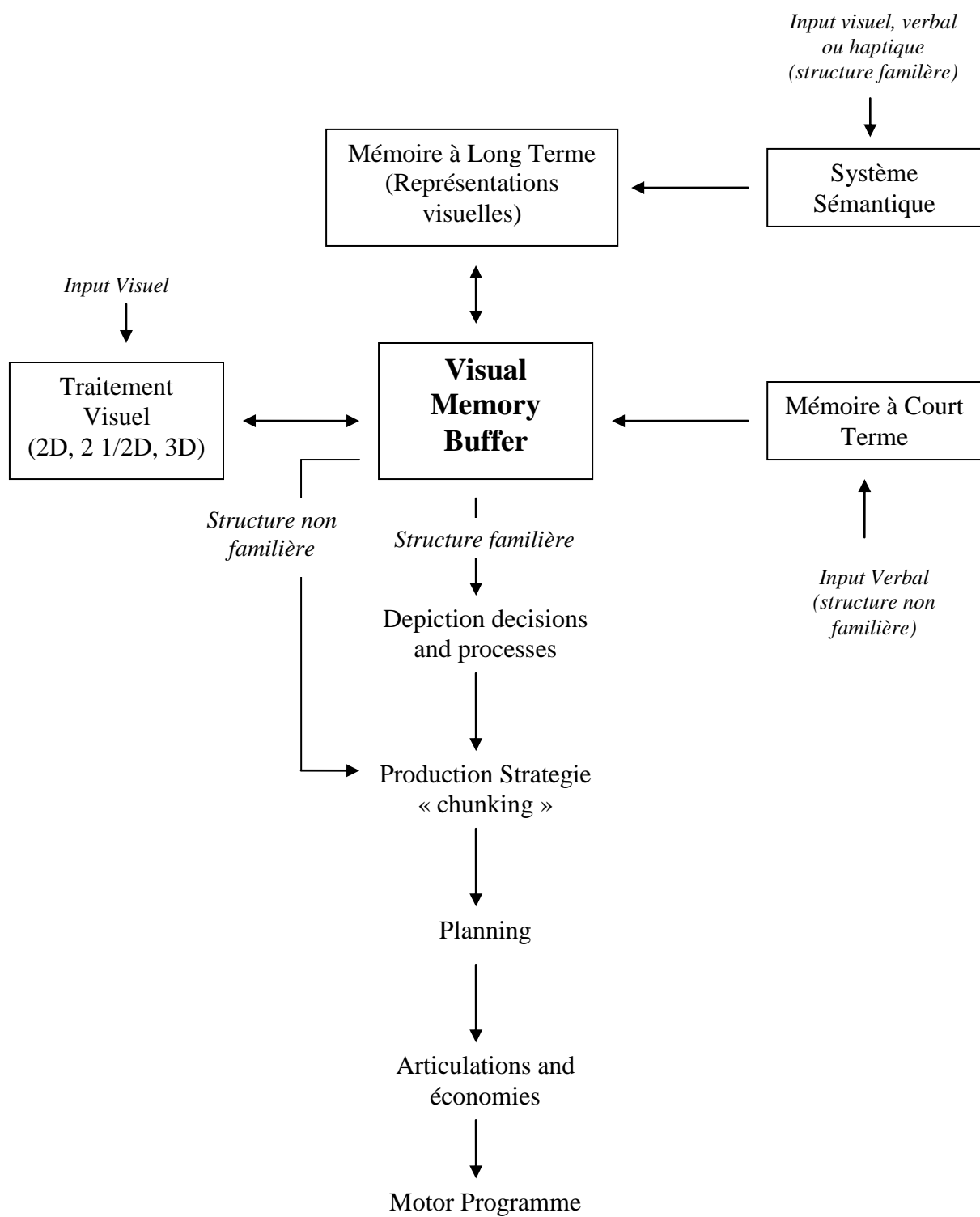
En effet, les derniers modèles cognitifs identifient quatre principales étapes à la copie de dessin : l'analyse visuo-spatiale, la préparation du plan de dessin, l'exécution et les processus de contrôle.

En particulier, selon le modèle proposé par Grossi et Angelini, dans l'analyse préliminaire, l'individu tente d'identifier les objets de relance (ceux qui ont déjà été élaborés dans le passé et qui correspondent aux représentations visuelles du modèle de Van Sommers) et dans le même temps, il analyse les relations spatiales entre les éléments de l'image et entre l'image et son support (orientation, taille, etc.) Ces éléments, sont ensuite traités en vue de formuler un plan de dessin (l'ensemble des instructions sont ensuite transformées graphiquement). Ce plan est conservé dans une mémoire tampon à court terme pour aussi longtemps qu'il est nécessaire de compléter sa traduction sur papier via l'activation des programmes moteurs.

D'après Kosslyn et Koenig (1992), le traitement des propriétés spatiales inclurait l'encodage des relations catégoriques et coordonnées. Cette distinction serait possible dans le dessin car deux sortes de relations spatiales sont encodées en parallèle : les relations spatiales entre deux objets ou des parties d'un objet (ex : orientation et positions des éléments) : « les relations catégoriques », et l'encodage des relations métriques entre différents éléments (ex : la distance entre deux points) : « les relations coordonnées ».

Cet encodage permet d'estimer la distance et permet de guider notre mouvement ou notre action motrice.

N'ayant pas trouvé de modèle global, nous avons tenté d'en faire un en nous inspirant des descriptions données par Van Sommers et en tenant compte des critiques. Ce modèle est non exhaustif et ne contient pas explicitement les phénomènes de contrôle. Ceux ci seraient plutôt traduits à notre sens par plusieurs passages de l'information dans le circuit. Le sujet comparant le modèle (réel ou sa représentation visuelle) à sa production, repasserait alors du traitement visuel à la sélection des programmes moteurs au cours et à la fin de la production.



5) Rééducations actuelles

Les rééducations psychomotrices actuelles sont très hétérogènes en supports (2D ou 3D), et en techniques :

La prise en charge est souvent faite autour de tâches constructives.

Pour le support en deux dimensions les psychomotriciens utilisent fréquemment des tâches graphiques ou des tâches d'assemblage telles que les puzzles, le tangram ou la reproduction de modèles.

Pour les supports en trois dimensions ils utilisent des petits exercices tels que le pliage, les nœuds ou la construction avec différents objets.

Cependant, la prise en charge peut aussi se faire autour de tâches perceptives ou encore de tâches spatiales. Une enquête de F Dupouy en 1991 repère que de nombreux psychomotriciens se servent de ce dernier type de tâche. De plus, l'expérience de Baque de 1989 sur les nœuds, montre que des sujets qui réussissent un test de rotation mentale semblent disposer de meilleurs moyens pour résoudre le problème posé par les nœuds. Ces éléments vont dans le sens d'un lien étroit entre les capacités spatiales et constructives, et ils le suggèrent plus particulièrement pour des tâches de décentration.

II - La décentration

1) Généralités

Piaget fut le premier à s'intéresser et à nommer la capacité à se mettre à la place d'autrui chez l'enfant : la décentration. Ce terme désigne la capacité de différenciation et de représentation mentale du point de vue d'autrui tant sur le plan social que spatial (mais ce n'est que ce dernier point qui intéresse notre sujet). Cette capacité est pour Piaget à la base du développement de l'orientation spatiale puisqu'elle permet à l'enfant de se détacher de son « égoïsme primaire ». Aujourd'hui encore les grandes lignes du développement et la plupart des termes utilisés pour traiter de l'orientation spatiale viennent de la théorie piagetienne, complétés par de nouveaux travaux concernant les âges de développement et la compréhension des mécanismes mis en jeu.

En ce qui concerne les compétences qui nous intéressent on constate qu'à 6 - 8 ans l'enfant passe un cap : il commence à imaginer l'espace mentalement (il possède une carte cognitive) et les inférences sont acquises.

A 8 - 9 ans on observe le début de la décentration, l'enfant peut imaginer le point de vue d'autrui et il est capable d'analyser les relations spatiales entre objets.

Ce n'est qu'à partir de 10 ans qu'il est capable d'imaginer un lieu ou un trajet sans s'y trouver concrètement. Il possède alors une représentation mentale de l'environnement en « vue aérienne ». On observe aussi à cet âge le début de l'actualisation mentale.

De 7 - 8 ans à 11 - 12 ans, la représentation n'est plus limitée à des séquences d'images perçues, l'enfant peut désormais manipuler mentalement les informations spatiales, faire subir des transformations à des objets concrets, présents dans le milieu : c'est la période des pensées et des opérations « concrètes ».

Au travers des études menées sur les tâches de changement de perspective, on constate que ce n'est qu'à partir de 2 - 3 ans, que l'enfant conçoit l'existence d'autres points de vue que le sien, cependant il n'est pas encore capable de les reconstituer mentalement. A partir de 11 - 12 ans, on peut considérer que l'individu ne fait que perfectionner ses compétences de changement de perspectives et les appliquer à des situations de plus en plus complexes.

La période principale d'acquisition de la capacité de décentration semble donc se situer entre 5 et 12 ans.

Cette tranche d'âge serait une charnière principale dans ce domaine (entre le stade « pré-opératoire » et le stade des « opérations concrètes »), au moment où l'enfant commence à se détacher de ses perceptions, de ses pensées immédiates, pour envisager le monde à travers d'autres points de vue.

2) Mise en évidence

Les tâches de changement de perspectives semblent tout à fait appropriées pour mettre en évidence les capacités de décentration.

Elles relèvent de la capacité à se représenter la vue qu'on aurait d'une scène placée devant nous, si l'on se trouvait à une autre place. En cela, elles découlent bien d'un phénomène de décentration puisque l'enfant est tenu de se dessaisir de son point de vue pour en adopter un autre.

La plus célèbre de ces tâches de changement de perspectives est l'épreuve des trois montagnes de Piaget et Inhelder (1948).

Dans cette tâche, la scène est constituée de trois montagnes de tailles différentes qui présentent des caractéristiques particulières (sommet enneigé, maison, couleurs...) afin d'être bien différenciables. Soit l'enfant doit placer une poupée pour qu'elle ait le point de vue d'une photographie, soit la poupée est déjà placée et il choisit la photographie qui correspond à son point de vue.

Les résultats des enfants âgés de 4 à 12 ans sont les suivants :

- Avant 7 ans : les réponses sont pour l'essentiel égocentriques (l'enfant choisit son propre point de vue). Cet échec vient du fait que l'enfant prenne en compte les rapports entre sa position et un seul des éléments présents et non de l'ensemble de la scène.

- A partir de 7 - 8 ans l'enfant commence à envisager le point de vue d'autrui mais ce n'est que vers l'âge de 8 - 9 ans qu'il peut vraiment se l'imaginer.

Il parvient à coordonner les perspectives et il est capable de considérer l'ensemble des rapports entre les éléments de la scène et leur transformation en fonction du point de vue de l'observateur : c'est selon Piaget l'âge de la décentration.

En 1968, Laurendeau et Pinard reprennent l'expérience avec un matériel schématisé. Ils retrouvent une plus grande difficulté dans la différenciation des relations droite/gauche par rapport aux relations devant/derrière et soulignent que des réponses de type « égocentriques » sont retrouvées à tous les niveaux d'âges.

L'épreuve des trois montagnes de Piaget s'est vue critiquer par la suite :

La première critique a concerné le passage de deux à trois dimensions : Fishbein et al (1972) proposent une épreuve de rotation de scène qui permet de travailler uniquement avec des supports en trois dimensions. Ils trouvent des résultats dès l'âge de 3 ans.

En effet Piaget et Inhelder ont reçu de nombreuses critiques sur le fait que l'enfant passait d'un support bidimensionnel à un support tridimensionnel. Cependant d'après MG Pecheux et A Streri les projections rétiniennes d'une forme tridimensionnelle et de sa représentation bidimensionnelle à partir du même point de vue sont identiques. Hochberg et Brooks ajoute même que le passage de l'un à l'autre ne demande pas d'apprentissage.

Une seconde critique portait sur la complexité de la scène visuelle : Borke (1974) a comparé cette scène complexe avec d'autres qui utilisaient des jouets familiers et il obtint alors des résultats dès l'âge de 3 ans.

Cependant ses résultats sont à prendre avec précaution car il modifie deux variables simultanément par rapport à l'expérience de Piaget : Borke utilise des supports en trois dimensions plutôt que des photos et il agit sur le caractère simple ou complexe de la scène visuelle. On ne peut donc rien conclure concernant l'effet de la complexité de la scène visuelle car Fishbein présente aussi des résultats dès 3 ans en modifiant uniquement le support bidimensionnel de Piaget en un support tridimensionnel.

Globalement, ces résultats montrent tout de même que dès 3 ans des prémices de décentration peuvent apparaître dans des conditions favorables.

Le terme piagétien de « décentration » est laissé de côté pour parler d'épreuves « de changement de perspective ».

3) Facteurs de complexité

On constate dans les différentes études que les enfants utilisent des stratégies différentes pour résoudre ce type de tâche. L'utilisation de telle ou telle stratégie, et son efficacité dépend de l'âge mais aussi de divers facteurs liés à la tâche demandée, on en dégage 6 principaux :

→ Le type de tâche et les modalités de réponses :

Cinq grandes modalités de réponses sont utilisées dans les études et influencent le choix de la stratégie :

- le dessin du point de vue d'autrui,
- la reconstruction du point de vue d'autrui,
- le placement de l'observateur : Fishbein (1972) : il obtient des âges de réussite relativement précoces (4 ans),
- la sélection de photographies,
- la rotation de la scène.

Nous avons utilisé dans notre protocole le placement de l'observateur et la sélection de photographies.

→ Le nombre d'objets présents sur la scène et les interpositions :

Au cours de leur expérience de 1972 Fishbein Lewis et Keiffer retrouvent une corrélation négative entre réussite à la tâche et nombre d'objets présents alors que Brodzinsky, Jackson et Overton (1972) ne retrouvent aucune corrélation sur un dispositif similaire, Borke (1974) non plus.

Pour la majorité des auteurs, une scène ne comportant qu'un objet semble plus facile. Au-delà de deux objets d'autres variables rentrent en compte comme la disposition de ces objets entre eux, notamment par le fait des interpositions (certains objets en cache d'autres) qui entraînent une perte des indices visuels concernant l'orientation et le positionnement des objets cachés.

→ L'orientation de la scène et la disposition des objets :

D'après Schnater et Gollin (1979) ainsi que Walker et Gollin (1977), sur une scène rectangulaire, les vues de côté seraient bien mieux réussies que les vues en coin ou en diagonale. De même que la position des objets de la scène et leur orientation par rapport à l'observateur ont une influence sur la performance de l'enfant : Yaniv et Shatz (1990) relèvent qu'à tous les âges, l'orientation de face est significativement plus facile que celle de côté et qu'à partir de 3 - 5 ans l'orientation de dos est plus réussie que celle de côté. Les réussites droite / gauche sont plus tardives car les objets sont souvent symétriques.

Dans notre protocole, nous exploitons toutes les vues, y compris les diagonales, et toutes les positions pour les objets.

→ Le type d'objets présentés :

Borke (1974) reproduit le même type d'expérience que les 3 montagnes de Piaget mais avec des jouets à la place des montagnes : ses résultats sont significativement plus élevés : car les jouets sont familiers, qu'ils sont orientés (devant derrière voire droite gauche) et qu'ils sont tous bien distinct les uns des autres contrairement aux montagnes de Piaget.

Pecheux et Streri (1986) partent de ces deux types d'objets pour concevoir deux types d'espace : l'*espace des objets* avec objet orienté (tout élément de l'espace est situé en fonction de l'orientation de l'objet) et l'*espace des positions*, qui a pour base au moins deux objets non orientés. C'est leur combinaison qui forme le repère

→ La possibilité de voir ou non la scène pendant la recherche de la réponse :

Il semble que la possibilité de voir la scène au cours de la tâche facilite sa réussite.

→ L'âge, l'expérience et l'entraînement à la tâche :

Toutes les expériences mettent en évidence un facteur âge. Plus l'enfant est âgé, plus il a de chances de réussir des tâches de plus en plus complexes, ce qui est dû à deux facteurs distincts : la maturation neurologique (notamment celle de l'imagerie mentale) et l'expérience (plus l'enfant est confronté à des situations réelles de changement de point de vue plus il sera performant sur les tâches de changement de perspectives).

4) Les mécanismes

Les études dégagent trois mécanismes probables qui sous tendraient la capacité de changement de perspective :

1) Utilisation de règles implicites :

Flavel et Satalas établissent deux règles simples :

- Deux personnages ayant la même position ont un point de vue identique.
- Deux personnages ayant des positions différentes ont des points de vue différents.

Gzesh et Surber tentent également de démontrer la présence d'une troisième règle :

- Deux personnages placés à des positions opposées ont des points de vue de la scène opposés.

La théorie des règles implicites est intéressante car elle explique un bon nombre de constatations :

- L'enfant retrouve plus facilement un point de vue identique au sien.
- L'enfant comprend qu'un point de vue est différent du sien avant de pouvoir l'identifier précisément.
- L'enfant réussit plus facilement et plus rapidement les conditions à 180° que les autres.

Cependant pour résoudre la plupart des situations l'enfant a besoin d'utiliser d'autres mécanismes.

2) Utilisation d'une « ligne de visée » (de l'anglais « line-of-sight ») :

Yanniv et Shatz (1990) parlent de « line-of-sight » : l'individu tracerait une ligne imaginaire entre les yeux de l'observateur (dans la direction à observer) et l'objet à observer. Cette ligne indiquerait d'abord ce que l'observateur peut voir ou non, puis qu'elle partie et quelle face de

l'objet est visible. Ainsi le sujet pourrait reconstituer la scène perçue par l'observateur en analysant et en associant les parties et les faces visibles des objets. Pour eux, un seul indice pertinent suffirait pour retrouver le point de vue d'autrui.

3) Calcul d'angles et rotation mentale :

La rotation mentale est définie comme la capacité qu'à un sujet de s'imaginer un objet ou une configuration d'objet décrivant un mouvement circulaire autour d'un de ses axes. Elle permet de reconnaître un objet vu dans différentes orientations.

On peut considérer que les enfants de 7-8 ans possèdent déjà un potentiel de rotation mentale assez complet et performant qui leur permet de reconnaître un objet quelle que soit son orientation mais également de prévoir quelle position il aura dans l'espace si on lui fait subir un déplacement circulaire.

Dans une tâche de changement de perspective, les lignes de vue de deux personnages regardant la même scène de deux positions différentes forment un angle. Peut être l'enfant conçoit le point de vue d'autrui par une simple rotation mentale ?

Cela suppose qu'il faudrait attendre le développement des capacités de rotation mentale pour réussir des tâches de changement de perspectives. Or les données développementales actuelles montrent des résultats plus précoces pour ces tâches (dès 3 ans) que pour celles de rotation mentale (minimum 7 ans). Ceci suppose donc l'existence d'autres stratégies chez les plus jeunes, mais ne veut pas dire que chez l'enfant plus âgé et l'adulte ce ne soit pas la rotation mentale qui soit utilisée dans la résolution des problèmes de changement de perspectives.

5) Types d'erreurs

Trois types d'erreurs sont fréquemment rencontrés :

- les erreurs d'interposition dans lesquelles l'enfant ne retrouve pas quels éléments sont partiellement ou totalement masqués lorsque la perspective change.
- les erreurs de distance pour lesquelles on constate une « distorsion des relations de distances entre les objets et l'examineur ».
- les erreurs droite/gauche dans lesquelles l'enfant fait une inversion en positionnant à droite un objet qui se trouve à gauche de l'observateur ou vice-versa.

III - Image Mentale

1) Généralités

a) Définitions

Piaget et Inhelder définissent en 1966 l'image mentale comme l'évocation d'un objet ou d'un événement expérimenté ou vécu par le sujet au cours de son activité dans et sur son environnement. Cette évocation ne se réduit pas à une perception résiduelle.

Dans la perspective cognitive du premier modèle de Kosslyn (1981) les images mentales sont bien, comme le postulent les deux précédents auteurs, des représentations internes d'objets ou d'événements, mais elles apparaissent dans un « format » particulier. Ce format ou médium ou buffer visuel est « une matrice de localisation pour les informations stockées, qui est traité ou lu de telle manière, qu'il fonctionne comme s'il avait des propriétés spatiales » (Dean 1990). Pour Kosslyn l'imagerie mentale contient des processus qui génèrent, rafraichissent, maintiennent, inspectent et transforment l'image.

Il propose un modèle de l'imagerie mentale qui, dans sa version de 1994, contient sept sous-systèmes indépendants mais interconnectés :

- Le buffer visuel traiterait ici des informations visuelles en provenance de la rétine tout en servant de support aux représentations imagées. Il permet de rendre accessibles les informations implicites relatives aux propriétés visuelles des objets encodés en mémoire visuelle.
- Ce buffer contient plus d'information qu'il n'est possible d'en traiter à un moment donné. Une « fenêtre d'attention » mobile sélectionne donc la région du buffer qui fera l'objet du traitement ultérieur.
- Cette partie sélectionnée va ensuite être traitée par le système « d'encodage des propriétés de l'objet » correspondant à la voie ventrale et qui répond à la question « quoi ? » et le système « d'encodage des propriétés spatiales » qui correspond à la voie dorsale et répond à la question « où ? ».
- Les informations provenant de ces deux systèmes convergent vers la « mémoire associative » amodale où elles sont reliées l'une et l'autre et associées à d'autres informations concernant l'objet (nom, catégorie...).

- Le « système de recherche d'information » sonde cette mémoire pour y trouver une propriété distinctive de l'objet candidat ainsi que sa localisation.
- Cette localisation est transmise au « système de déplacement de l'attention » qui commande les mouvements de la fenêtre d'attention.

Il semble nécessaire de clarifier les termes de représentation mentale et d'image mentale. Les représentations mentales correspondent à une actualisation par des expériences perceptives des informations contenues dans la mémoire à long terme. Lors de la réalisation d'une tâche, elles vont passer dans le buffer visuel sous forme d'image mentale qui pourra être traité (générée, maintenue, transformée...).

Les images semblent être des représentations analogiques des événements perçus, l'analogie avec la perception s'explique par la communauté des structures neuronales sollicitées.

b) Analogie entre imagerie et perception

Certains chercheurs [(Damasio et al (1993), Kosslyn (1993, 1995), Le Bihan (1993) et Menon et al (1993)] montrent que la première région du cortex qui reçoit l'input visuel pendant la perception s'active aussi pendant l'imagerie. Cette région correspond au cortex visuel primaire (ou aire 17, aire V1, cortex strié, aire OC).

Cette région est organisée topographiquement, c'est-à-dire que les patterns d'activation de la rétine sont littéralement projetés sur la surface du cerveau (avec toutefois quelques distorsions). Il existerait donc véritablement des « images dans la tête ». En effet on constate une analogie structurale, c'est-à-dire, qu'entre image et percept, il y a conservation des relations spatiales entre les différents points de l'espace ainsi qu'une conservation de la structure interne organisatrice des objets.

Cependant certaines études comme celles de Mellet et al (1996) ne retrouvent pas d'activation de cette région. Ces résultats peuvent être en partie expliqués par des biais expérimentaux, mais pas seulement. Ainsi Kosslyn définit trois types d'images visuelles qui relèveraient de différents systèmes de neurone :

- *l'imagerie spatiale* qui intervient lorsqu'on active des relations spatiales stockées dans la mémoire à long terme (qui n'activerait pas l'aire 17),
- *l'imagerie figurale* qui concerne l'activation de représentation de formes, d'objets et de leurs propriétés (couleur, texture) stockées en mémoire à long terme (qui n'activerait pas non plus cette aire),

- l'imagerie « *depictive* » qui s'active pour les mêmes types de représentation que l'imagerie figurale mais qui intervient lorsque ces images reproduisent la forme avec une résolution relativement élevée. Elles permettent au système d'interpréter des propriétés qui avaient été jusqu'alors seulement encodées de manière implicite. Afin de pouvoir réinterpréter les formes implicites, les couleurs et les textures, l'information stockée en mémoire à long terme doit être utilisée pour reconstruire la forme. Ce type d'imagerie active, entre autre, l'aire 17.

Tout comme il y a une analogie selon Kosslyn entre l'imagerie visuelle et la perception, nous proposons que l'imagerie visuelle, dans le dessin, partage aussi les mêmes composants sous-jacents à l'analyse perceptive durant la copie. Nous pensons que la forme spatiale de l'image mentale est requise pour le dessin de mémoire, comme dans l'analyse visuelle pendant la copie.

Certains auteurs envisagent aussi une analogie fonctionnelle entre les processus qui s'appliquent aux images cinétiques et ceux que subissent les stimuli réels.

c) Développement de l'image mentale

L'ontogénèse de l'imagerie mentale fait débat : Dès 1966, Piaget et Inhelder mènent de nombreuses investigations qui les amèneront à distinguer deux types de représentation mentale : les images statiques présentes avant le stade opératoire (7ans) et les images cinétiques présentes après ce stade (ce sont celles-ci qui pourront être manipulées). Pour eux, les contenus d'images et leur processus dérivent des actions et opérations du sujet.

Ce point de vue a été remis en questions :

Pour Kosslyn, le format imagé (contenu dans le buffer visuel) et les processus qui y sont associés sont innés. Les événements représentés, quant à eux, dépendent de l'expérience perceptive et du développement des significations (en lien avec l'accroissement des capacités du système sémantique) qui lui sont attachées.

Les deux expériences de 1975 et 1977 de Marmor laissent, quant à elles, croire en l'existence d'une imagerie cinétique chez les jeunes enfants (4 et 5 ans). En 1980, Piaget postule que ces résultats n'apportent pas la preuve de capacité d'imagerie cinétique à cet âge, la tâche proposée par cette auteure pourrait être résolue par un processus essentiellement perceptif.

En conclusion, les auteurs postulent que les représentations mentales sont d'abord globales et indifférenciées sous forme d'images statiques en deux dimensions puis elles se

précises, en devenant intentionnelles elles deviennent cinétiques et correspondent à des représentations tridimensionnelles. Ce sont ces dernières qui peuvent être manipulées, transformées. Ce qui reste encore flou, c'est l'âge d'apparition des capacités d'imagerie cinétique, en raison des différentes modalités de réponse dans les expériences, de la nature de la tâche ou encore des stratégies alternatives que peuvent utiliser les enfants.

2) Implication de l'imagerie visuelle dans la visuoconstruction

Certains cas recensés par divers chercheurs présentent des déficits d'imagerie sans problème de copie et d'autres présente des difficultés de dessins sans problème au niveau de l'imagerie. Ce qui signifierait que ce sont des processus bien distincts. Cependant il nous semble évident que cela n'empêche pas qu'ils puissent être en interaction.

Admettons que l'imagerie puisse jouer un rôle important dans la lecture des représentations visuelles qui sous-tendent l'élaboration de dessin à partir de la mémoire à long terme. Nous avons encore à nous demander si un buffer d'images ou un bloc-notes est un modèle adéquat pour cette opération, qui est généralement de savoir si nous nous formons une image complète dans la tête que nous consultons quand nous dessinons.

Comme nous l'expliquions plus haut, les systèmes perceptif et sémantique interagissent de sorte que : lorsque nous dessinons de mémoire un objet complexe (comme la bicyclette) il est probable que des inférences complexes doivent être opérées afin de convertir des informations conceptuelles (comme, la roue avant qui doit être libre de pivot) en une forme visuelle.

Examinant l'exemple des compositions de figures géométriques, Galifret et Granjon (1981) soulignent le rôle positif de l'image spatiale. « L'imagerie seule n'arrive pas à résoudre le problème opératoire, c'est clair. Mais il y a bien dans ce cas une adéquation de l'image à la solution du problème. L'opération est toujours de nature logique, mais elle a ici plus qu'un point d'application spatio-temporel puisqu'elle porte sur l'espace. De sorte à ce qu'il puisse y avoir deux types de solutions, l'une opératoire abstraite, l'autre spatiale »

La question qui reste en suspend est de savoir si les informations extraites du système sémantique et les informations explicites des représentations de la mémoire visuelle tendent vers un buffer visuel "pur".

Des auteurs s'accordent à dire que l'imagerie regroupe dans le cadre d'une structure hétérogène, une partie imagée ou symbolique, une partie topographique et une partie conceptuelle.

D'après Van Sommers, le système d'imagerie fonctionnerait sans qu'une image entière nous apparaisse clairement. Il s'appuie sur le dessin de mémoire d'un nœud pour affirmer cela : expliquant qu'il est capable de le dessiner en commençant par n'importe quel point, sans jamais le visualiser entièrement mais seulement partie par partie. D'après nous, cela pourrait très bien s'expliquer par l'introduction de la fenêtre d'attention décrite dans le modèle de Kosslyn.

Par ailleurs, Van Sommers (1989) affirme que le composant « depiction decision » qui conduit à la production de dessin de mémoire, ne comporte pas les mêmes mécanismes que la récupération d'une représentation visuelle de la mémoire.

Au lieu de cela, le dessinateur choisit, parmi plusieurs alternatives, la forme qui sera graphiquement pertinente. Cependant, le composant « depiction decision » génère nécessairement les différentes formes de l'objet qui est en mémoire. Ainsi, nous proposons que ce système n'est pas spécifiquement lié au dessin, mais il fait plutôt partie d'un système global d'imagerie visuelle. En fait, les chercheurs ont souvent utilisé le dessin de mémoire pour évaluer la qualité du système d'imagerie visuelle (Botez, Olivier, Vézina, Botez, & Kaufman, 1985; Grossi, Orsini, Modafferi, & Liotti, 1986; Peña-Casanova, Roig-Rovira, Bermudez, & Tolosa-Sarro, 1985; Ridloch 1990; Trojano & Grossi, 1992). En outre, une image mentale et un dessin de mémoire impliquent souvent la même représentation, à savoir, un prototype en position canonique (Kosslyn, 1994; Van Sommers, 1989). Néanmoins, les dessins de mémoire produits par des dessinateurs compétents peuvent ne pas représenter un prototype, car ils apprennent des schémas de production, retiennent différents détails visuels, et sont habitués à pratiquer la reproduction d'objets de mémoire. Ainsi, nous doutons que le système d'imagerie visuel joue un rôle différent de celui du système de « depiction decision » dans les dessins de mémoire.

Les études sur la neuropsychologie des processus d'imagerie n'encouragent pas un simple affichage unifié. Il semble évident que les processus d'imagerie sont hétérogènes et dispersées plutôt qu'unifiés et locaux.

En ce qui concerne la localisation : Corballis et Sergent (1988) ont constaté que si l'image est statique (taille et angle) les tâches d'imagerie ne concerne pas un hémisphère en particulier, alors que les tâches de rotation mentale sont plus en lien avec l'hémisphère droit. Kosslyn et

al. (1985) établissent une dissociation entre les programmes bilatéraux des tâches simples et la spécialisation de l'hémisphère gauche dans l'imagerie plus complexe. Enfin, l'étude de Levine, Warach, et Farah (1985), sur les lésions bilatérales pariéto-occipitale et temporo-occipitale fractionne l'imagerie dorsale / ventrale dans les voies du «où» et du «quoi».

En ce qui concerne l'hétérogénéité : des patients présentant une négligence gauche, n'avaient que certains aspects de dessin incomplets. Par exemple, dans leur production, le cadran de l'horloge classique est presque toujours dessiné avec un cercle intact et le côté gauche de chaque chiffre est présent. En d'autres termes il semble y avoir un niveau de balistiques "primitives" dans le dessin qui n'est pas affecté par la négligence, ce qui indique que les informations dans le buffer visuel sont hétérogènes plutôt qu'unitaire.

3) Image mentale et représentation spatiale

La représentation spatiale, qui contient du juste, du déformé et du faux, est à la fois la prise de conscience de la situation de son propre corps dans un environnement, c'est-à-dire de la place et de l'orientation qu'il peut avoir par rapport aux personnes et aux choses, mais aussi la prise de conscience de la situation des choses entre elles. Ainsi, le sujet peut s'organiser face aux choses qui l'entourent, organiser les choses entre elles, les placer et les faire bouger. Avec la représentation environnementale (capacité à reconnaître les lieux), elles constituent la représentation mentale de l'espace.

Liben propose de séparer le terme générique de représentation spatiale en trois types, « produits spatiaux », « pensée spatiale » et « mémoire spatiale ».

- Sont regroupées sous le terme de produits spatiaux toutes les productions qui mettent en jeu des relations spatiales (carte, dessin, maquette, mais également description verbale...). Ce sont des objets de nature symbolique qui vont concrétiser l'espace réel. Chez l'enfant, le développement du contrôle moteur et l'acquisition des conventions représentatives interviennent massivement dans la manière dont il élabore des produits spatiaux.

- La pensée spatiale représente toutes les activités mentales portant sur des contenus spatiaux, ce qui est important, c'est le travail de transformation qui est opéré mentalement sur les données, comme la rotation et l'imagerie mentale. La réflexion internalisée et la reconstitution de la pensée spatiale reflèterait selon Hart et Moore (1973) la carte cognitive.

- La mémoire spatiale, elle, est constituée de la mémoire des lieux, de l'itinéraire, de la construction et l'on y trouve aussi des savoirs faire.

En 1991, Tversky définit un modèle mental spatial comme une sorte de description structurale et schématique, affranchie de toute perspective particulière, qui rend compte des relations spatiales entre les différentes parties de la scène décrite (comme une maquette). Il se distingue de l'image visuelle qui représenterait la scène selon un point de vue singulier. Au contraire il permet une représentation mentale plus flexible et plus abstraite et autorise l'adoption de différent point de vue de la configuration. Dans la mesure où l'image contribue à la modélisation mentale, Denis et De Vega (1993) lui attribuent deux rôles possibles : tout d'abord elle est la « matière première » de la construction du modèle mental, ensuite elle donne une existence figurale au modèle sous forme d'un « tableau visuel » qui constitue un point de vue spécifique de l'espace. Ce point de vue est équivalent à un point de vue réel. Le sujet peut dès lors effectuer des comparaisons, estimer des distances, produire des inférences à partir d'un espace de représentation spécifié. La représentation spatiale amènerait la capacité à orienter son corps par rapport au milieu.

On peut rapprocher la notion de modèle mental spatial à celle de la carte cognitive (qui est une forme de représentation qui nous permet d'organiser l'espace et d'y effectuer des opérations). Le déplacement permet la création de relations spatiales entre des repères, ainsi un réseau de relations spatiales se construit progressivement.

4) La rotation mentale

a) Définition

La rotation mentale est un processus cognitif de transformation élaboré, elle nous permet de juger de la similitude ou de la différence entre deux objets, et sert à la planification mentale des actions et à l'anticipation des résultats perceptifs et donc des conséquences de nos actions. La rotation mentale intervient tant dans le facteur visualisation spatiale que dans le facteur orientation spatiale, c'est pourquoi il semble admis qu'elle puisse intervenir dans une tâche éminemment spatiale tout aussi bien que dans d'autre tâche de résolution de problèmes.

Des pré-requis semblent essentiels au bon fonctionnement de cette compétence, des capacités perceptives, mnésiques et cognitives qui sont :

- fixer mentalement l'information perçue et lui faire subir des transformations mentales dans la mémoire de travail,

- stocker en mémoire à long terme une représentation de l'expérience perceptive.

C'est-à-dire des capacités de représentations mentales.

b) Mécanismes

La rotation mentale doit prendre en compte un certain nombre de critères qui déterminera la rapidité d'exécution et le niveau d'efficacité de ce processus : elle doit respecter les critères de forme, de dimension, d'orientation du dispositif à transformer. Elle doit tenir compte du contexte dans lequel la représentation mentale de l'image a été réalisée. Et enfin elle doit respecter l'intégrité structurale du dispositif : les structures intrinsèques comme les axes de symétrie, l'allongement ou l'orientation habituelle sont les bases à partir desquelles nous saisissons l'apparence des objets (Rock, 1973 ; Shepard et Cooper, 1982). Ces axes sont transportés avec l'objet alors que son orientation change en fonction de certains cadres de référence. Par exemple, un animal possède un devant, un derrière, un dessus, un dessous, une gauche, une droite identifiables peu importe sa position.

c) Deux types de rotation mentale

En 1986, Pécheux et Streri distinguent deux types de rotation mentale :

- l'une est basée sur l'orientation des objets par rapport à l'observateur, elle fait référence à « l'espace des objets » qui est basé sur les propriétés de l'objet et permet de le reconnaître quelque soit son orientation dans l'espace. Cette forme de rotation mentale est dite « d'orientation », elle est utilisée chez les plus jeunes enfants (Lejeune ; 1992), en effet les expériences de Marmor (1975, 1977) montrent qu'ils en sont capables dès 4 - 5 ans.

- l'autre est basée sur la position des objets dans le champ visuel de l'observateur, et fait référence à « l'espace des positions » qui est basé sur l'anticipation de la position dans l'espace d'un objet ayant subi un déplacement en rotation. Cette forme est dite de « positionnement », elle est la plus efficace et se développerait plus tardivement comme le suggèrent les expériences de Courbois (1998) et celles de Dean, Duhe et Green (1983).

D'après Laurendeau et Pinard en 1968 et Coie, Costanzo et Farnill en 1973, il y aurait deux étapes dans le développement des stratégies de positionnement : d'abord la restitution de distances, et plus tard celle des relations droite/gauche.

L'évolution des capacités de rotation mentale progresse donc de « ce qui est vu » à « comment les objets sont vus » et enfin à « où les objets sont vus ».

d) Critères de complexité d'un dispositif

Pour Ellen Bialystok et Heather Jenkin, le niveau de difficulté d'un dispositif spatial dépend pour l'enfant de trois caractéristiques. Il s'agit de l'angle de rotation (le quart de tour semble plus simple tout comme les autres angulations canoniques), la présence de repères saillants dans le dispositif, et enfin de l'axe visuel dans lequel le dispositif est présenté. D'après Rock (1973), la perception utilise implicitement les axes visuels orthogonaux et donc lorsque l'orientation d'un stimulus est conventionnelle la rotation mentale est plus aisée.

On peut ajouter à ces caractéristiques la dimension du dispositif. En effet, il est plus facile d'effectuer une rotation mentale sur un dispositif bidimensionnel que sur un dispositif tridimensionnel : Lejeune et Decker (1994) l'ont montré chez l'enfant, et Bauer et Jolicoeur (1996) ont même posé l'hypothèse chez l'adulte de mécanismes différents.

La forme du dispositif influence aussi la tâche de rotation mentale, en ce sens que l'asymétrie structurale d'un objet la complique, et cela d'autant plus qu'elle s'écarte des formes géométriques conventionnelles (triangle, rectangle...).

On peut encore ajouter que plus on pratique une tâche de rotation mentale sur un dispositif particulier et plus celle-ci est facile pour nous : la familiarité est donc un élément facilitateur.

Le cadre de référence selon lequel le dispositif a été encodé influence aussi la complexité de la tâche de rotation mentale. Ainsi Wraga et coll montrent en 1999, qu'imaginer la rotation d'objet (qui utilise un référentiel allocentrique) est plus difficile que d'imaginer la rotation de personnes autour de cet objet (qui utilise un référentiel égocentrique).

Enfin, les tâches prédictives semblent plus compliquées que les tâches de jugement de similitude (Wraga et coll, 1999).

IV – La mémoire de travail visuo-spatiale

1) Modèle de la mémoire de travail de Baddeley

La mémoire de travail est un ensemble de systèmes qui permet de maintenir un nombre limité d'informations (empan mnésique moyen de 7 à plus ou moins 2 éléments selon Miller, 1956) à un stade très accessible de la conscience. Elle gère la sélection des informations utiles, l'inhibition des informations non pertinentes et la coordination des feedbacks lors du traitement des informations.

Il est important de ne pas confondre la mémoire de travail avec la mémoire à court terme qui n'effectue qu'un maintien de l'information alors que la mémoire de travail constitue un phénomène dynamique, de traitement de l'information en même temps que son maintien.

Dans le modèle de Baddeley de 1974 et 1986, la mémoire de travail est considérée comme un ensemble de systèmes cognitifs dont chacune des trois composantes remplit une fonction spécialisée. On distingue deux systèmes « esclaves » reliés et contrôlés par un centre exécutif : le « calepin visuo-spatial » et la « boucle phonologique ».

Le calepin visuo-spatial est un système temporaire de stockage d'informations visuelles et spatiales, et est considéré, dans ce modèle, comme un composant unitaire de la mémoire de travail. La boucle phonologique, elle, est responsable du stockage de l'information verbale présentée auditivement ou visuellement. Le centre exécutif, quant à lui, joue un rôle de gestion et de contrôle, il correspond à un mécanisme attentionnel qui supervise et coordonne les systèmes auxiliaires (la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial). Il joue également un rôle d'inhibition des informations non pertinentes, d'activation des informations stockées en mémoire à long terme, de raisonnement, de prise de décision et de planification des actions. Il permet enfin de modifier de façon continue la mémoire de travail en fonction des informations récentes internes (provenant de la mémoire à long terme), ou externes (provenant des entrées sensorielles). C'est ce que l'on appelle le « processus de mise à jour ». Il permet également de gérer le passage des informations entre les sous-systèmes et la mémoire à long terme. Selon nous, par ces deux dernières fonctions, il pourrait être mis en jeu dans les processus présentés plus haut de modification des représentations mentales et de passage des représentations mentales sous format d'images mentales de la mémoire à long terme au buffer visuel.

Nous ne développeront ici que le calepin visuo-spatial qui concerne directement notre sujet.

2) Modèle de la mémoire visuospatiale de Logie

Comme nous l'avons dit précédemment, le calepin visuo-spatial dans le modèle de Baddeley est considéré comme une composante unitaire. Aujourd'hui, on a davantage tendance à penser qu'il est divisé en deux sous parties distinctes, l'une visuelle et l'autre spatiale (Logie et Pearson 1997).

Remarque : Les deux tests utilisés pour mesurer la mémoire de travail visuo-spatiale sont, les blocs de Corsi qui s'attachent plutôt à la composante spatiale, et l'épreuve des motifs visuels qui, elle, est davantage reliée à la composante visuelle. Chez une population saine, les résultats à ces deux épreuves ne sont pas corrélés, ce qui va en faveur d'une dissociation des deux sous composantes du calepin (Logie et Pearson 1997). Ces deux épreuves ont aussi une autre différence, les blocs de Corsi présentent l'information de manière dynamique alors que l'épreuve des motifs visuels la présente sous forme statique. Les deux sous composantes du calepin pourraient être alors spécialisées dans le traitement de l'information spatiale dynamique pour l'une et statique pour l'autre. Une étude menée chez des enfants de 5, 8 et 11 ans par Pickering, Gathercole, Hall et Lloyd en 2001, proposait deux épreuves (épreuve de matrice et de labyrinthe) sous deux formes différentes pour chacune d'elle, une forme dynamique et une forme statique. Les résultats ont montré une différence nette entre les formes statiques et dynamiques. Cela va donc dans le sens de cette théorie. Aujourd'hui encore, aucun de ces modèles ne fait consensus.

Le modèle computationnel de la mémoire spatiale de Becker et Burgess de 2001 insiste clairement sur la relation étroite entre les mécanismes et les bases neurales de la mémoire et de l'imagerie.

Des travaux récents ont confirmé ce lien entre mémoire et imagerie : des effets similaires des lésions de l'hippocampe (connues pour affecter la mémoire épisodique) ont été trouvés dans la mémoire de travail visuo-spatiale (Hartley et al. 2007) et l'imagerie (Hassabis et al. 2007). D'ailleurs pour O'Keefe et Nadel (1978), l'hippocampe serait le siège des cartes cognitives spatiales. Les structures hippocampiques interviendraient dans la mémoire de travail que les données soient spatiales ou non.

Dans la plupart des recherches qui mettent en lien la mémoire de travail visuo-spatiale et l'image mentale, l'hypothèse sous-jacente postule que le calepin visuo-spatial fournit le médium dans lequel les images mentales visuelles sont générées et manipulées. De ce fait la mémoire de travail visuo-spatiale s'est révélée fortement analogue à la structure du buffer visuel décrit dans le modèle computationnel de l'imagerie visuelle de Kosslyn. Il nous semble aussi que ce calepin visuo-spatial n'est pas sans laisser penser au « visual memory buffer » de Van Sommers. Dans ce sens Guérin et coll (1999) établissent un lien entre le calepin visuospatial et le buffer visuel par l'analyse de l'intervention de la planification dans le dessin.

A partir des progrès réalisés dans la théorie de l'imagerie visuelle (Kosslyn, 1994), ces auteurs proposent quelques hypothèses supplémentaires sur les mécanismes sous-jacents des capacités de dessin. Le processus de maintenance, qui est activé pour conserver les images des objets est impliqué d'après Kosslyn (1994) dans le raisonnement. De plus, selon Van Sommers (1989), les « contingent planning » s'apparentent à de la résolution de problème local. Dans le contexte du dessin, la composante de planification est nécessaire dans la résolution de la tâche de copie (qui s'apparente à de la résolution de problème), en raison des contraintes liées à l'utilisation de l'espace graphique disponible sur la page visuo-spatiale et les propriétés des dessins (par exemple, la taille et la position relative des formes géométriques simples). Guérin et coll. concluent alors que le processus de maintien peut jouer un rôle dans la capacité de planification des dessins.

Dans cette perspective, on peut introduire le calepin visuo-spatial de la mémoire de travail dans le modèle du dessin. Ce dernier est analogue au buffer visuel et maintient les perceptions récentes (Baddeley et Hitch, 1994). Baddeley et Hitch (1994) affirme cela car le calepin visuo-spatial est un espace de travail qui peut maintenir et manipuler l'information visuo-spatiale ainsi que servir un large éventail de fonction comme la planification et l'exécution de tâches spatiales.

Conclusion et introduction de notre travail

Au regard de ces informations, les capacités visuo-constructives semblent être effectivement de nature multiple comprenant plusieurs composants. Nous soutenons l'hypothèse qu'au moins trois systèmes se combinent à la base des processus de l'habileté de dessin : la perception visuelle, l'imagerie visuelle, et la production graphique (qui comprend la planification et la programmation de l'action).

La perception visuelle et le système d'imagerie visuelle partagent probablement les mêmes composants : deux grandes voies parallèles :

- la voie « top-down » avec ses deux sous systèmes : « top-down hypothesis testing » qui permet de vérifier les hypothèses émises sur la propriétés de l'objet et un sous système attentionnel qui ajuste la position des yeux, de la tête et du corps ainsi que l'emplacement et la taille de la fenêtre d'attention sur les différentes parties d'un objet).

- la voie « bottom-up » qui comprend la mémoire associative, la mémoire visuelle, le buffer visuel ou la mémoire de travail et le sous-système dorsal. Ce dernier possède un sous système : le « spatiotopic-mapping » qui enregistre la localisation, la taille et l'orientation dans l'espace en plaçant leurs coordonnées dans un cadre référentiel unique. Puis on encode de façon plus précise 2 types de propriétés spatiales : les relations métriques entre les objets ou leurs parties (permet d'évaluer les distances et de guider l'action), dites « coordinates relations » et les relations spatiales entre 2 objets ou les différentes parties d'un objet qui restent stables quelque soit leur position dites « categorical relations ». Elles permettent l'évaluation de la position (collé à, dessus, à droite...) et de l'orientation.

Les cas cliniques présentés par Van Sommers pour argumenter l'absence de relations entre l'imagerie visuelle et le dessin ne sont pas totalement convaincant : ainsi, la tâche sur laquelle il évaluait leur capacité de dessin de mémoire était très complexe. Alors que les images mentales se détériorent rapidement, il demandait au patient de dessiner une figure complexe, non familière, après seulement quelques secondes d'observation. De plus, le dessin utilisé était particulièrement difficile à planifier et à reproduire par la mémoire à court terme : ainsi lorsqu'on donne des stratégies de production à ce patient celui-ci voit ses résultats s'améliorer.

On convient qu'il est possible de retenir un dessin précis de mémoire tout en ayant un déficit d'imagerie visuelle comme le montrent certains cas présentés par VS. Ceci semble être possible grâce à l'utilisation de la mémoire associative et de la mémoire motrice (les gestes sont automatisés en mémoire motrice) : le patient dessine alors un dessin familier (automatisé) grâce à sa mémoire motrice non pas à ses capacités d'imagerie.

En effet, l'imagerie visuelle n'est pas toujours associée au dessin. Les dessins familiers et de routine ne l'exigent pas. Deux voies cognitives différentes sont distinguées qui dépendent de la familiarité du dessin (qui dépend à son tour des capacités du dessinateur) :

- D'une part, la voie qui ne fait pas intervenir l'imagerie visuelle, traite des dessins de mémoire familiers et habituels et va directement de la mémoire associative à la mémoire procédurale.

- D'autre part, la voie de l'imagerie visuelle, qui traite les tâches de dessins inconnus, passe de la mémoire associative au buffer visuel et comprend deux systèmes de traitement parallèles. Le premier, qui permet la formation d'une image en une seule partie, passe par la mémoire associative, la mémoire visuelle à long terme, le codage des relations coordonnées et catégorielles, le « spatiotopic mapping », et se termine dans le buffer visuel (« bottom-up »). Le second système, qui permet l'ajout de pièces à l'image globale, passe par la mémoire visuelle à long terme, la mémoire associative et le sous-système « top-down hypothesis testing ». Ce dernier est également nécessaire pour inspecter l'image mentale formée dans le buffer visuel. Lors de l'élaboration de mémoire, les représentations visuelles suscitent, dans les mémoires associative et visuelle, la génération de processus qui activent ces deux systèmes de traitement, puis envoient les informations dans le buffer visuel. Le dessin de mémoire et les tâches de copie associent deux processus supplémentaires à celui de la production qui maintiennent et inspectent l'image mentale dans le buffer visuel ou mémoire de travail visuo-spatiale. Ces trois processus explorent et conservent l'image aussi longtemps que le dessin est organisé et réalisé

En outre, la production, l'inspection et le maintien sont trois processus du système de l'imagerie visuelle.

En conclusion, Les mémoires associative et procédurale, qui contiennent respectivement des représentations de systèmes de production et la programmation de l'action, sont suffisantes pour la construction de dessins familiers et habituels de mémoire. Dans d'autres conditions, l'imagerie visuelle, la planification et la programmation de l'action sont des étapes importantes dans la production graphique.

Ces systèmes, qui, ensemble, sous-tendent l'élaboration des capacités, ne sont pas nécessairement spécifiques au dessin.

Il est probable qu'une déficience générale de la planification entraînerait une apraxie constructive, parmi d'autres déficits (Cromer, 1983). Cependant, toutes les capacités de planification ne sont pas nécessairement impliquées dans cette apraxie.

Le sous-système de programmation d'action n'est pas spécifique au dessin non plus, mais pourrait faire partie d'un système plus global qui sous-tend le comportement gestuel.

Ainsi, l'apraxie constructive ne résulte pas toujours spécifiquement d'un déficit du système de dessin, mais peut être la conséquence de dysfonctionnements affectant différents systèmes cognitifs.

***PARTIE
PRATIQUE***



I – Présentation du projet

En 2009, Irène Lasser rend un mémoire pour l'obtention de son diplôme d'état de psychomotricité : « Amélioration de la construction chez une enfant dépendante au champ perceptif visuel. ». Irène a suivi une enfant pour qui, les rééducations classiques de la visuoconstruction se sont montrées infructueuses. Elle a utilisé pour cette enfant deux types d'exercices spatiaux pour tenter de rééduquer sa dyspraxie visuo-constructive. Le premier exercice nommé « topologie » est une tâche de changement de perspectives. Le second nommé « Zazzo » est une tâche inspirée des neuf points de Zazzo, c'est-à-dire un exercice de trajets au sol. Il s'est avéré que la prise en charge d'Irène a été très bénéfique pour l'enfant. Nous nous sommes alors demandés si cette technique pouvait être appliquée à d'autres enfants (peu importe qu'ils soient dépendants ou indépendants au champ) et quelles seraient les justifications d'un tel lien entre la visuoconstruction et l'outil spatial.

Nous avons donc utilisé les mêmes exercices qu'Irène, en standardisant le matériel et les conditions de passation. Ces exercices ont été présentés à plusieurs enfants que nous avons séparés en deux groupes. Le premier commençait par plusieurs séances de l'exercice « topologie » et se terminait par plusieurs séances de l'exercice « Zazzo ». Le second groupe procédait en ordre inverse. Le protocole contient trois bilans, un initial, un intermédiaire (entre les deux séries d'exercice) et un final, afin de mener une analyse statistique des résultats. Cette analyse nous permettra de juger de l'efficacité des deux exercices pris séparément ainsi que de leur chronologie.

Il nous semble essentiel en psychomotricité de mettre en place des protocoles de ce genre afin d'éclaircir les mécanismes sous-jacents à ce type de compétences que l'on rééduque extrêmement souvent en prise en charge. Ce type de travail permet aussi de rendre compte objectivement de l'efficacité thérapeutique de nos techniques.

Pour ce faire, nous avons essayé de standardiser au mieux notre matériel, les conditions de passation, les consignes, ainsi que les observations cliniques.

Cette harmonisation devait être clairement explicitée car plusieurs professionnels ont participé à notre protocole.

En ce qui concerne le matériel : pour l'exercice topologie, afin que tous les praticiens aient exactement le même matériel, nous avons fabriqué une série de petits animaux en pâte à sel, distribué à chacun un lot de Kaplas et pris les photographies nécessaires à l'exercice.

Pour l'exercice inspiré de Zazzo, nous avons pris soin de choisir du matériel que l'on trouve couramment dans une salle de psychomotricité.

Pour ce qui est des conditions de passation, chaque psychomotricien s'est vu remettre un protocole indiquant les conditions de disposition du matériel et la procédure à mettre en place pour chaque exercice.

Pour chaque séance les consignes ont aussi été fournies, ainsi que des grilles d'observations cliniques.

Chaque psychomotricien a également fait passer les mêmes tests aux enfants lors des bilans et, pour plus de rigueur, la plupart des figures de Rey et des bicyclettes ont été quotées deux fois, par deux personnes différentes.

II – Le Protocole

1) Les Bilans

Les bilans initiaux, intermédiaires et finaux, sont constitués des mêmes tests : la figure de Rey (copie et mémoire), les items cubes et orientation du domaine visuospatial de la NEPSY, le test de la bicyclette, une évaluation de la connaissance droite / gauche des enfants par le Piaget, un test de discrimination perceptive visuelle : la CEFT.

a) Figure de Rey

La figure de Rey permet l'étude : des capacités du sujet face à une situation nouvelle, de l'appréhension de l'espace graphique, de la mémorisation des éléments symboliques (faisant intervenir la mémoire visuo-spatiale) et des capacités attentionnelles. C'est un test neuropsychologique destiné à mesurer la visuo-construction en deux dimensions, l'organisation perceptive et mnésique d'un sujet ainsi qu'à distinguer les sujets souffrant d'un trouble perceptif de ceux souffrant d'un trouble mnésique. Il consiste à copier puis reproduire de mémoire un tracé géométrique complexe ayant des propriétés particulières : l'absence de signification évidente, une réalisation graphique facile, une structure de l'ensemble assez compliquée pour solliciter une activité perceptive analytique et organisatrice. Il y a deux figures : la B pour les enfants de 4 à 8 ans (qui est plus simple) et la A pour les enfants de

4 ans jusqu'à l'âge adulte (qui est plus compliquée). Pour nos bilans nous avons utilisé la figure A.

La reproduction de figure complexe ne fait appel à aucune représentation déjà connue, le dessin n'est pas familier, mais elle fait intervenir l'imagerie mentale en termes de maintien.

Lors de la passation, l'examineur donne à l'enfant plusieurs couleurs, ce qui lui permet d'évaluer les stratégies mises en place lors de la production en plus de sa qualité. Ces stratégies évoluent avec l'âge du sujet.

b) La bicyclette

Le test de la bicyclette consiste à demander à l'enfant de dessiner de mémoire (sans lui montrer de modèle) une bicyclette. On propose donc à l'enfant une situation graphique, de dessin spontané. La bicyclette est un objet connu par les enfants mais elle ne rentre pas dans le cadre des dessins de routine. Elle nécessite cependant la génération d'images mentales.

L'évaluation est quantitative : on note la présence d'éléments, et qualitative : certains critères de cotation concernent la qualité de la production.

c) Les cubes de la Nepsy

L'item « cubes » fait partie du « domaine visuo-spatial » de la NEPSY. On propose à l'enfant de reproduire avec des cubes des modèles, soit en trois dimensions, soit en deux demi-dimensions (images représentant le volume). Dans ce dernier cas l'enfant doit donc effectuer un passage d'une structure bidimensionnelle à une structure tridimensionnelle. Cet item met en cause la motricité fine, les praxies, mais pas le graphisme. Il va nous permettre d'évaluer l'aptitude à visualiser, comprendre et reproduire des relations spatiales en trois dimensions. L'évaluation est fonction du temps nécessaire à la réalisation et à la réussite de la construction.

d) L'orientation de la Nepsy

Cet item fait aussi partie du « domaine visuo-spatial » de la NEPSY. Il est conçu pour évaluer les connaissances des relations visuo-spatiales et de la direction aussi bien que de l'aptitude à utiliser ses connaissances pour reporter un itinéraire d'une carte simplifiée vers une carte plus complexe. L'enfant voit une maison cible désignée sur une carte simplifiée et doit retrouver cette maison sur une plus grande carte, sur laquelle figurent d'autres maisons et d'autres rues.

e) Piaget

C'est un test d'orientation droite / gauche qui évalue la connaissance spatiale des enfants en fonction de leur âge. Il détermine trois stades dans l'acquisition de cette compétence : la reconnaissance sur soi, la reconnaissance sur autrui, et la reconnaissance de la position relative entre plusieurs objets.

Il permet de rendre compte des capacités de décentration (et de réversibilité) de l'enfant.

f) Children Embedded Figure Test

Le sujet doit retrouver une forme simple intriquée dans une figure complexe, il doit donc extraire un élément d'un contexte perceptif en brisant l'organisation qui s'impose à lui (Olhmann, 1985). L'EFT est un test perceptif qui nécessite un champ d'attention large mais toujours centré sur la tâche et une bonne attention sélective (Jover, 1993). Il est utilisé comme une évaluation de la dépendance au champ visuel (ce concept renvoie à la capacité à structurer ou déstructurer un ensemble et à articuler les éléments entre eux, ce qui correspond aussi à la capacité à dissocier un élément de son contexte pour le réutiliser dans un contexte différent).

Il se décline sous trois formes : la PEFT (preschool embedded figure test) pour les enfants de 3 - 5 ans, la CEFT pour les 5 - 12 ans et la GEFT (group embedded figure test) pour les adultes.

2) La population

Pour choisir la population nous nous sommes basées sur des données développementales. On sait que la période autour de 8 ans est charnière dans le domaine visuo-spatial en général : les prérequis gauche / droite sur soi, autrui et entre objets sont normalement acquis. C'est aussi à cette période que l'enfant peut aborder des notions spatiales plus complexes comme celle de rotation mentale. La limite d'âge supérieure n'a pas été déterminée à l'avance, elle a été établie en fonction des psychomotriciens participants à notre protocole. Les critères d'entrée dans le protocole sont donc l'âge (plus de 8 ans), une efficacité intellectuelle dans la norme et une figure de Rey déficitaire à -1 Déviation Standard (DS) au mieux.

3) Les exercices

a) Topologie

Nous avons confectionné pour chaque thérapeute des petits animaux en pâte à sel (cochon, souris et hérisson) que nous leur avons fournis avec des Kaplas. Pour cet exercice, un playmobil, 2 autres petits personnages (playmobil ou autre) et un ordinateur (ou les photographies imprimées) ont aussi été nécessaires.

Il a été demandé à chacun de constituer un sol blanc à la maquette, de disposer les kaplas pour former un enclos comme indiqué sur les photos et de placer les personnages sur la maquette. Le playmobil a toujours été placé en haut à gauche : il constituait au fil des séances un repère fixe.

Au départ, chaque séance devait être composée de deux maquettes (« situations ») différentes comportant le même enclos afin de faciliter la préparation. Ainsi, entre chaque situation, seuls les animaux étaient à déplacer. Cependant, prises par le temps, nous avons dû réduire notre protocole en cinq séances au lieu des six prévues initialement. La séance deux a donc été partagée entre la première et la troisième. Les séances un et deux (initialement trois) se sont donc composées de trois situations.



Photo de la séance 4 vue de droite.

Nous avons demandé à chaque psychomotricien de placer l'enfant assis devant la maquette, l'ordinateur (ou les photographies imprimées) étant positionné(es) de manière à ce qu'il puisse voir simultanément maquette et photos sans se déplacer ni se contorsionner.

Lors de la première séance, pendant les deux premières situations, l'enfant devait se déplacer pour se mettre à l'endroit d'où la photo avait été prise. Nous avons imposé de faire en sorte que l'enfant ne cherche pas en se déplaçant mais qu'il se déplace uniquement lorsqu'il pensait avoir trouvé. En cas d'erreur, il revenait à la position de départ et recommençait.

Certaines théories actuelles de l'image mentale accordent à la motricité un rôle crucial dans le codage et la récupération de l'information spatiale (Kosslyn, 1994 et Logie, 1995). La réussite à un problème pour lequel le sujet peut mobiliser des procédures motrices de résolution pourrait donc être considérée comme le précurseur de la réussite à des problèmes isomorphes. C'est pourquoi il nous a semblé pertinent de commencer cet exercice complexe par une tâche

faisant intervenir la motricité. Les enfants pouvaient ainsi appréhender l'exercice par une situation facilitante et constater par la même occasion l'existence de plusieurs points de vue. Lors de la troisième situation, l'enfant ne pouvait plus se déplacer mais il devait montrer directement d'où avait été prise la photo. En cas de mauvaise réponse, le thérapeute demandait à l'enfant de se déplacer pour constater son erreur par lui-même et il lui demandait d'expliquer cette erreur.

Lors de la deuxième séance, la première situation était similaire à la troisième de la première séance.

Pour la deuxième et la troisième situation, deux photos ont été montrées simultanément et l'enfant devait placer deux personnages à la place supposée du photographe. Si l'enfant se trompait, le psychomotricien avait pour consigne d'attendre que les deux personnages soient placés avant de lui faire constater son erreur.

Lors de la troisième séance, deux personnages étaient préalablement placés sur la maquette, un de face, l'autre à gauche de la maquette. Parmi trois photos l'enfant devait attribuer à chaque personnage son point de vue étant prévenu qu'une photo ne correspondrait à aucun point de vue.

Lors de la séance quatre, l'enfant effectuait la même tâche que dans les deux dernières situations de la séance deux, à savoir placer deux personnages de manière à ce que l'un voit comme sur la première photographie et l'autre comme sur la deuxième. Puis nous présentions à l'enfant une photo qui contenait une erreur en lui demandant de retrouver quel était cette erreur.

Deux types d'erreur ont été introduits :

- l'erreur de placement où un animal n'était pas à sa place sur la photographie par rapport à la maquette ;
- l'erreur d'orientation où un animal était mal orienté sur la photographie par rapport à la maquette.

L'enfant devait repérer ces erreurs sur des photographies prises d'un point de vue différent du sien.

La dernière séance comportait deux objectifs : on présentait successivement trois photos à l'enfant et il devait, pour chacune, déterminer son exactitude. Si elle était exacte il devait placer un personnage sinon il devait trouver l'erreur.

Ainsi, au fil des séances, la difficulté augmentait selon :

- la prise de vue (les prises de vues en diagonale étant plus complexes),
- la forme de l'enclos (orienté ou non),
- l'introduction des deux types d'erreur : de placement et d'orientation (les erreurs de placement étant plus simple à détecter que celles d'orientation).

Remarque : Sachant que la scène visuelle comporte toujours plus d'un personnage dans notre protocole, le nombre de personnages présents n'est pas un critère de complexité (cf p.19). De plus, sur nos photographies aucune interposition n'est remarquable.

b) Zazzo

L'épreuve de Zazzo est une épreuve généralement bien acceptée, plus ludique que les autres épreuves spatiales papier crayons qui renvoient les enfants à leurs échecs scolaires.

Nous avons établi une liste de matériel que chaque psychomotricien est susceptible d'avoir dans son cabinet, à savoir :

- Un cerceau de couleur et un anneau de la même couleur,
- Un ballon et une bille,
- Un matelas et un petit rectangle de la même couleur,
- Un bâton et une allumette de la même couleur,
- Neuf petits ronds et neuf grands ronds de la même couleur (en papier par exemple),
- Un petit personnage.

Nous avons demandé à chacun de constituer sur un bureau une maquette avec les neuf petits ronds formant un carré (trois rangées par trois colonnes), l'allumette en haut de ce carré, l'anneau à droite, la bille en bas et le rectangle de couleur à gauche. Ensuite ils devaient reconstituer au sol, en plus grand, la maquette. C'est-à-dire : neuf grands ronds en carré, le bâton en haut de ce carré, le cerceau à droite, le ballon en bas et le matelas à gauche.

La maquette et l'espace de déplacement réel sont orientés dans le même sens.



Photo de la disposition du matériel

- Avantage de la maquette face au plan

Pécheux (1980) différencie deux types d'espace : l'espace restreint et l'espace étendu. L'espace restreint correspond à celui des activités visuo-manuelles, ici la maquette, dans lequel le référentiel égocentrique suffit. L'espace étendu est l'espace dans lequel on se déplace et qui nécessite parfois l'utilisation d'un référentiel allocentrique (ce n'est pas forcément le cas dans notre exercice). Ce dernier ne correspond pas à l'environnement mais à une portion déterminée de celui-ci. La maquette ne fait pas appel au transfert d'un élément

bidimensionnel à un élément tridimensionnel contrairement au plan, et nous permet d'éviter la complexité de la compréhension du symbolisme. Elle permet d'avoir une représentation spatiale complète du trajet et nous a permis de faire réellement travailler la mémoire de travail car l'enfant ne peut pas emporter de trace pendant son déplacement.

- Déroulement des séances

Chaque séance est constituée de la même façon :

1^{ère} étape : Montrer à l'enfant sur la maquette le déplacement avec le petit personnage tout en explicitant à voix haute ce déplacement (sans indiquer de stratégies spatiales du type « tu montes de deux points, tu tourne à droite »...).

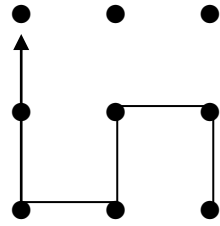
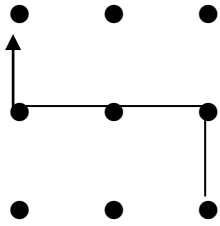
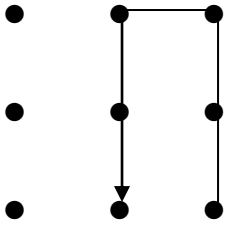
2^{ème} étape : L'enfant reproduit sur la maquette le déplacement avec le petit bonhomme et ceci autant de fois que nécessaire jusqu'à ce qu'il le réussisse. S'il ne l'a pas mémorisé on peut revenir à la première étape.

3^{ème} étape : L'enfant fait lui-même le déplacement au sol.

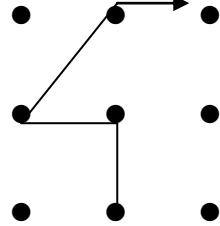
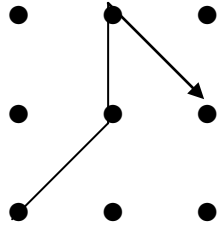
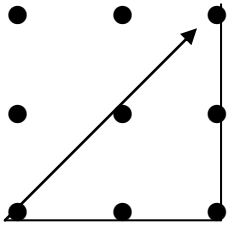
S'il échoue on recommence les trois étapes.

Nous avons demandé aux praticiens de ne pas passer plus de dix minutes sur le même déplacement, pour ne pas décourager l'enfant.

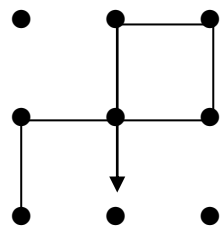
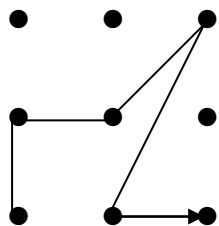
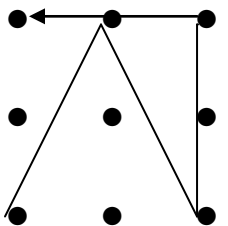
Trois déplacements sont à faire par séance et l'exercice est mené pendant cinq séances. Nous avons donc établi quinze trajets de difficultés croissantes : en jouant sur le nombre de changements d'orientation dans le trajet (tout en respectant la limite de l'empan mnésique qui est normalement de sept), l'utilisation de diagonales plus ou moins complexes, les croisements de trajets, et l'association de ces difficultés.



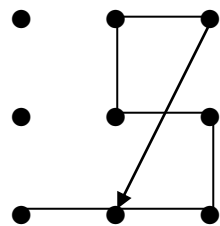
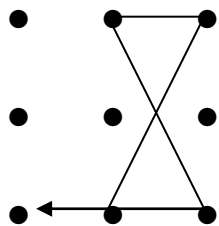
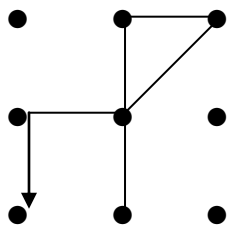
SEANCE 1



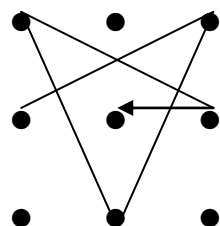
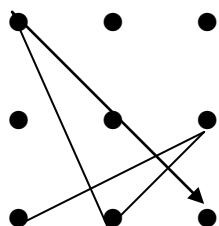
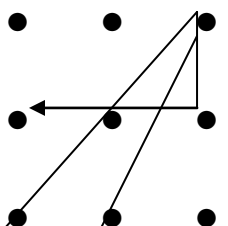
SEANCE 2



SEANCE 3



SEANCE 4



SEANCE 5

Des études montrent que des tâches motrices concurrentes (tapping) détériorent la performance à des épreuves de mémorisation à forte composante spatiale (aux tests de Knox et Corsi) alors qu'elles n'ont pas d'effet sur une épreuve de mémorisation d'un matériel verbal. Il semble donc qu'il y ait un lien entre la motricité et la mémoire de travail visuo-spatiale. Il nous semble évident aussi que dans notre exercice la motricité n'est pas concurrente à la tâche spatiale et qu'au contraire elle puisse la guider.

Les deux exercices précédents ont été réalisés séparément pendant cinq séances chacun, afin de déterminer l'efficacité de l'un ou de l'autre. De plus, afin de mettre en évidence l'impact de la chronologie de ces exercices nous avons constitué deux groupes, l'un commençant par topologie et finissant par zazzo et l'autre commençant par zazzo et finissant par topologie.

Un bilan initial précède la première série d'exercices, un bilan intermédiaire est fait entre les deux séries d'exercices et un bilan final clôture le protocole. Le protocole comprend donc treize séances en tout.

III - Résultats

Lors de la mise en place du protocole, nous avons contacté une trentaine de psychomotriciens. Parmi eux, une quinzaine était partante pour mettre en place ce protocole avec certains de leurs patients. Nous sommes donc partie avec une population initiale d'environ trente enfants. Au cours de l'année, nous avons perdu environ dix-huit suivis pour des raisons diverses : changement de poste du thérapeute, arrêt de prise en charge, absences répétées, troubles associés trop envahissants...

C'est donc avec douze enfants que nous avons pu mener notre analyse statistique. Chaque groupe contient six enfants :

Le groupe ayant débuté par Zazzo contient cinq filles (une âgée de 8 ans, une de 9 ans, deux de 10 ans et une de 11 ans) et un garçon (âgé de 9 ans).

Le groupe ayant débuté par l'exercice de topologie contient six garçons (deux âgés de 9 ans, trois âgés de 10 ans et un de 14 ans).

Nous sommes conscientes de l'hétérogénéité de ces groupes qui est cependant indépendante de notre volonté. La répartition des enfants dans tel ou tel groupe s'est faite en fonction des disponibilités de chacun et du matériel en la possession de chaque thérapeute. Malgré ces

contraintes un effort d'homogénéisation des groupes avait été fait en début d'année, mais l'abandon des protocoles s'est fait de manière aléatoire au sein de chaque groupe, entraînant ainsi, l'hétérogénéité constatée.

Notre analyse statistique a été menée à l'aide du logiciel SPSS, les résultats sont les suivants.

1) Analyse statistique

Pour contrecarrer l'hétérogénéité de la population de chaque groupe, nous avons effectué premièrement une analyse de variance à un seul facteur afin de vérifier que nos deux groupes possédaient une variance similaire au départ du protocole. Puis nous avons regardé l'efficacité de notre protocole en comparant le bilan initial et le bilan final par une analyse de variance de type 2x2. Dans le but d'affiner ces résultats, nous avons effectué alors une analyse de variance à mesure répétée de type 2x3 incluant le bilan intermédiaire. Pour ces deux dernières analyses, il convient de préciser que nous comparons toujours les données d'un groupe avec celles de l'autre, ainsi, ils se servent mutuellement de groupes contrôles. Les résultats obtenus pour ces analyses peuvent donc être considérés comme significatifs au-delà de l'effet d'apprentissage.

Nous terminerons par la comparaison de l'efficacité de chaque exercice grâce à une analyse de variance à un seul facteur.

a) Variance entre les groupes

Nos groupes étant très hétérogènes entre eux (en sexe et en âge), nous avons effectué une analyse de variance à un seul facteur pour chaque test du bilan initial, afin de vérifier que la variabilité propre au groupe ayant commencé par l'exercice topologie ne soit pas significativement différente de celle propre au groupe ayant commencé par l'exercice Zazzo.

Cette analyse ne montre pas de différence significative pour chacun des tests utilisés dans les bilans :

Test	F*	p*
Rey copie	0,81	0,39
Rey mémoire	0,78	0,4
Cubes	0,06	0,82
Orientation	0,37	0,56
Bicyclette	0,04	0,84
CEFT	0,92	0,36
Piaget	0,01	0,93

Ainsi, nos groupes ne possédant pas une variance interne différente, les résultats des analyses suivantes peuvent être considérés comme significatifs.

b) Efficacité du protocole

Nous avons d'abord observé l'efficacité du protocole dans sa globalité (pour les deux groupes) par une analyse de variance de type 2 (les deux groupes) x 2 (bilan initial et bilan intermédiaire) à mesure répétée sur ce deuxième facteur.

Trois questions se sont posées :

- Premièrement, est ce que le protocole fonctionne ? (« facteur within », propre au sujet, qui correspond à la comparaison test/retest).
- Deuxièmement, la chronologie des exercices a-t-elle un impact ? (« facteur between », qui compare les sujets entre eux).
- Troisièmement, y a-t-il une interférence d'un exercice sur l'autre ? (« facteur within », qui correspond à l'interaction test-retest/groupe).

F* : Facteur de Fisher : rapport de la variance intergroupe sur la variance intragroupe
p* : probabilité de l'hypothèse nulle : significatif en dessous de .05

Tests	Test-retest	Chronologie	Interférence
Rey copie	<i>Significatif</i> F(1,10)=13,93/ p=.01	Non Significatif F(1,10) = 1,13/ p=.3	Non significatif F(1,10) = 0,13/ p=.7
Rey mémoire	Non significatif F(1,10) = 3,69/ p=.1	Non significatif F(1,10) = 0,57/ p=.5	Non significatif F(1,10) = 0,15/ p=.7
Cubes	Non significatif F(1,10) = 4,62/ p=.06	Non significatif F(1,10) = 0,03/ p=.86	Non significatif F(1,10) = 0,09/ p=.7
Orientation	Non significatif F(1,10) = 4,5/ p=.06	Non significatif F(1,10) = 0,82/ p=.4	Non significatif F(1,10) = 0,01/ p=.9
Bicyclette	Non significatif F(1,10) = 0,02/ p=.89	Non significatif F(1,10) = 0,49/ p=.49	Non significatif F(1,10) = 0,73/ p=.41
CEFT	<i>Significatif</i> F(1,10)=11,99/ p=.01	Non significatif F(1,10) = 0,02/ p=.8	Non significatif F(1,10) = 4,46/ p=.06
Piaget	Non significatif F(1,10) = 4,32/ p=.06	Non significatif F(1,10) = 0,12/ p=.78	Non significatif F(1,10) = 1,37/ p=.3

D'après ces résultats, l'ensemble du protocole se révèle significativement efficace pour la copie de la Figure de Rey ainsi que pour la « Children Embedded Figure Test ». Les scores sont à la limite de la significativité pour les items cubes et orientation de la Nepsy et pour le Piaget.

On remarque ici ni d'effet de la chronologie des exercices, ni d'interférence entre eux, on est cependant à la limite de la significativité pour l'interférence des exercices au niveau de la CEFT.

Ces scores limites peuvent être dus au faible échantillon que nous possédons. Nous avons donc décidé d'intégrer une nouvelle variable pour vérifier si certains scores ne deviendraient pas ainsi significatifs. Nous avons alors fait une analyse de variance de type 2 (toujours les deux groupes) x 3 (les trois bilans) à mesure répétée sur ces dernières variables.

Tests	Test-retest	Chronologie	Interférence
Rey copie	<i>Significatif</i> F(2,20)=5,35/ p=.01	Non Significatif F(2,20) = 0,66/ p=.5	Non significatif F(2,20) = 0,78/ p=.5
Rey mémoire	Non significatif F(2,20) = 2,06/ p=.1	Non significatif F(2,20) = 0,47/ p=.5	Non significatif F(2,20) = 0,09/ p=.9
Cubes	Non significatif F(2,20) = 2,84/ p=.08	Non significatif F(2,20) = 0,63/ p=.8	Non significatif F(2,20) = 0,12/ p=.9
Orientation	<i>Significatif</i> F(2,20) = 3,75/ p=.04	Non significatif F(2,20) = 0,9/ p=.36	Non significatif F(2,20) = 0,01/ p=.99
Bicyclette	Non significatif F(2,20) = 0,02/ p=.98	Non significatif F(2,20) = 0,77/ p=.4	Non significatif F(2,20) = 0,66/ p=.5
CEFT	<i>Significatif</i> F(2,20)=7,37/ p=.01	Non significatif F(2,20) = 0,07/ p=.8	<i>Significatif</i> F(2,20) = 5,15/ p=.02
Piaget	<i>Significatif</i> F(2,20) = 3,66/ p=.04	Non significatif F(2,20) = 0,03/ p=.86	Non significatif F(2,20) = 1,7/ p=.2

On constate que l'efficacité du protocole sur la copie de la figure de Rey et la CEFT reste significative. De plus, l'effet de nos exercices sur l'orientation et le Piaget est devenu significatif. Il semble aussi, d'après cette analyse, qu'un exercice interfère sur l'efficacité de l'autre en ce qui concerne la CEFT.

c) Comparaison des exercices

Nous avons voulu voir l'efficacité de l'exercice Zazzo par rapport à l'efficacité de l'exercice Topologie et vice-versa.

Nous rappelons la chronologie des exercices pour chaque groupe :

Groupe A	Bilan initial	Topologie	Bilan intermédiaire	Zazzo	Bilan final
Groupe B		Zazzo		Topologie	

Pour ce faire, nous n'avons pas utilisé comme données dans notre analyse statistique les notes brutes obtenues aux tests. Pour représenter l'efficacité de l'exercice topologie, nous avons utilisé la différence entre le bilan intermédiaire et le bilan initial du groupe A et la différence entre le bilan final et le bilan intermédiaire du groupe B. Pour représenter

l'efficacité de l'exercice Zazzo nous avons utilisé la différence entre le bilan intermédiaire et le bilan initial du groupe B et la différence entre le bilan final et le bilan intermédiaire du groupe A. Ce sont ces données qui ont été comparées lors de cette analyse de variance à un seul facteur.

Tests	Différence d'efficacité entre les exercices
Rey copie	Non significatif : $F(1,11) = 1,27$ et $p = .28$
Rey mémoire	Non significatif : $F(1,11) = 0,01$ et $p = .9$
Cubes	Non significatif : $F(1,11) = 0,16$ et $p = .6$
Orientation	Non significatif : $F(1,11) = 0,01$ et $p = .9$
Bicyclette	Non significatif : $F(1,11) = 0,5$ et $p = .5$
CEFT	<i>Significatif : $F(1,11) = 6,7$ et $p = .02$</i>
Piaget	Non significatif : $F(1,11) = 3,53$ et $p = .08$

On remarque que les résultats ne sont significatifs que pour la CEFT. Il semble donc qu'il n'y ait que sur ce test que les exercices aient une efficacité différente.

2) Analyse clinique

Tout au long de notre formation nous avons pu constater la richesse des observations cliniques pour notre pratique. Il en va de même pour notre protocole, il nous a semblé important de compléter l'analyse statistique par une analyse plus clinique. Dans ce but, nous avons construit une grille d'observation pour chaque séance, afin que tous les thérapeutes nous rapportent au minimum des informations sur, la motivation de l'enfant, ses erreurs et ses stratégies.

Nous nous sommes aussi appliquées à observer plus finement chaque bilan et notamment les bicyclettes et les figures de Rey (copie et mémoire).

a) Déroulement des exercices

En ce qui concerne l'exercice de Zazzo, nous avons pu observer, chez les enfants que nous avons suivis, des stratégies redondantes. En tout premier lieu, les enfants doivent savoir repérer leur point de départ. Pour ce faire, ils utilisent le plus souvent un des objets mis à leur

disposition autour de l'espace de locomotion, allant parfois, au cours des dernières séances, jusqu'à ne plus utiliser que le carré constitué des neuf points. Une autre grande stratégie, utilisée par tous les enfants, est la visualisation du trajet, elle semble être la stratégie la plus efficace. Au départ les enfants ont tendance à visualiser le trajet plutôt sur la maquette (ils regardent la maquette lorsqu'ils se déplacent en réel). Puis, au fil des séances, le trajet est visualisé en réel, l'enfant pourrait alors s'imaginer le trajet comme s'il était projeté au sol. On peut à ce moment là observer l'apparition d'une aide gestuelle. Le stade le plus élaboré que nous avons pu observer pour cette stratégie est la visualisation mentale du trajet (l'enfant ne le projette pas au sol, on remarque ce stade notamment par le fait que l'enfant ferme les yeux pour s'imaginer le trajet). D'après nous, à cette ultime étape, l'enfant est vraiment dans un processus d'imagerie mentale.

On a enfin pu observer des stratégies complémentaires telles que la verbalisation ou l'apport d'une signification au dessin que forme le trajet. Les enfants ne possédant pas de plan, le recours à cette dernière stratégie montre qu'ils utilisent une image mentale.

Les principales difficultés rencontrées par les enfants sont, des problèmes de mémorisation du trajet (visibles surtout sur la maquette), des problèmes de prise de repères (surtout observé lors de la première séance), ou encore des difficultés en lien avec l'utilisation d'un référentiel égocentrique.

Pour l'exercice topologie, nos observations cliniques vont dans le sens de l'utilisation de règles implicites comme le suggéraient les études de Flavel et Satalas et Gzesh et Surber. Ainsi les orientations à 180° semblent être plus simples à résoudre pour les enfants que nous avons suivis.

Nous avons aussi constaté que les enfants utilisent souvent l'orientation d'un ou plusieurs animaux (en se basant parfois sur des repères saillants comme la queue du cochon) pour résoudre la tâche de changement de perspectives. Plus tard, ils ont tendance à ne plus utiliser que l'orientation du playmobil, ce qui s'avère plus efficace. Certains utilisent aussi les rapports entre les animaux (comme devant/derrière), mais cette stratégie n'apparaît qu'après quelques séances. Rares sont les enfants qui utilisent l'enclos des animaux. Un seul nous a dit clairement s'imaginer la scène tournée, cependant plusieurs semblent avoir utilisé cette technique.

En ce qui concerne les difficultés rencontrées par les enfants, nous notons que la verbalisation n'est pas évidente pour la plupart d'entre eux (notamment pour l'utilisation du vocabulaire spatial). Une majorité des enfants faisait au départ beaucoup d'inversions

droite/gauche. Ces derniers semblent se repérer à l'orientation d'un personnage. Or, ces personnages étant symétriques, la différenciation du profil droit et du profil gauche est compliquée sans tenir compte des relations topologiques entre ce personnage et les autres. Des erreurs apparaissent aussi au niveau de l'appréciation des angles (notamment pour les prises de vue en diagonale), ou encore au niveau de la distance du personnage à placer par rapport à l'enclos.

Des enfants présentaient aussi des difficultés dans l'orientation du personnage à placer. Ceci montre que, certains, n'utiliseraient pas une stratégie de « ligne de visée » (selon l'étude de Yanniv et Shatz). Malgré tout, il nous semble que beaucoup d'enfants ont utilisé cette méthode.

b) Analyse des bicyclettes et des figures de Rey

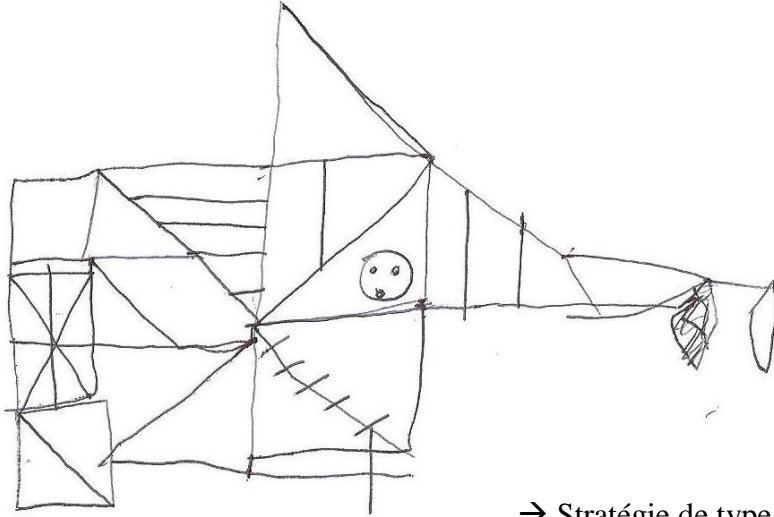
Les critères de notation de la Figure de Rey et de la bicyclette, ne prennent pas en compte certaines caractéristiques, comme la stratégie utilisée. Toutes les observations n'ont donc pas pu ressortir lors de l'analyse statistique.

En ce qui concerne la bicyclette, on peut noter pour certains enfants l'apparition d'une notion de volume après l'exercice topologie. Cette évolution, n'apparaît pas chez tous les enfants, cependant elle n'a jamais été observée après l'exercice Zazzo. On peut supposer que cette différence serait due au support en trois dimensions de l'exercice topologie qui ferait appel à une image mentale en trois dimensions, ce qui n'est pas forcément le cas pour l'exercice Zazzo.

On note aussi que certains dessins sont globalement plus réalistes après les exercices, mais cela n'entraîne pas d'amélioration en termes de notation.

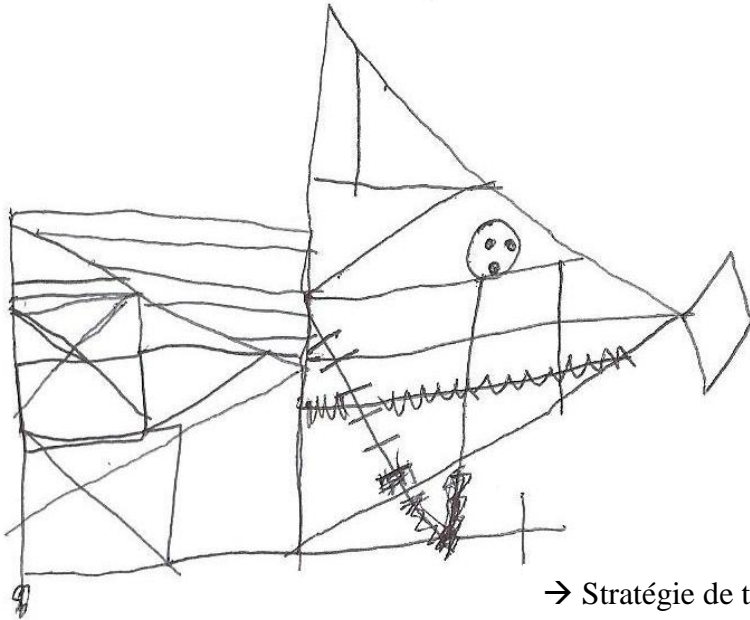
Pour ce qui est de la figure de Rey, on remarque pour la majorité des enfants que l'armature de la figure (grand rectangle et diagonale) est globalement mieux perçue. Certains enfants présentent même un changement de stratégie (une amélioration par rapport à l'âge) et cela toujours suite à l'exercice topologie.

Ci-dessous, nous présentons pour illustration l'évolution de la copie de la figure de Rey pour une petite fille de 8 ans du groupe B (ayant commencé par l'exercice Zazzo et terminé par celui de topologie). On remarque le passage d'une stratégie de type IV (juxtaposition de détail, centile 50 pour 8 ans) à une stratégie de type II (détails englobés dans l'armature, centile 75 pour 8 ans) entre les bilans intermédiaire et final.



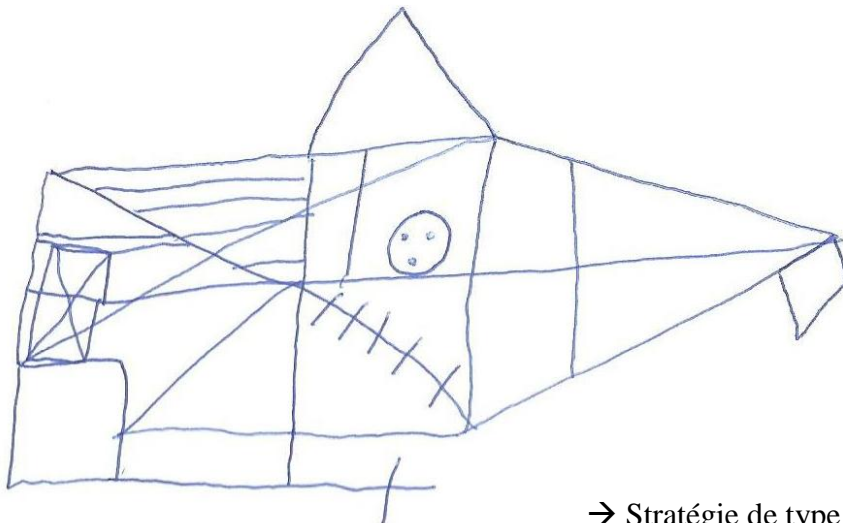
Bilan initial

→ Stratégie de type IV



***Bilan
intermédiaire***
(Après Zazzo)

→ Stratégie de type IV



Bilan final
(Après Topologie)

→ Stratégie de type II

3) Discussion

À la lumière de ces analyses statistiques et cliniques, il ressort un effet de nos exercices, à forte composante spatiale, sur des tâches qui ne sont pas purement spatiales. En effet, nous observons une nette significativité en ce qui concerne l'efficacité du protocole sur la copie de la figure de Rey et la CEFT.

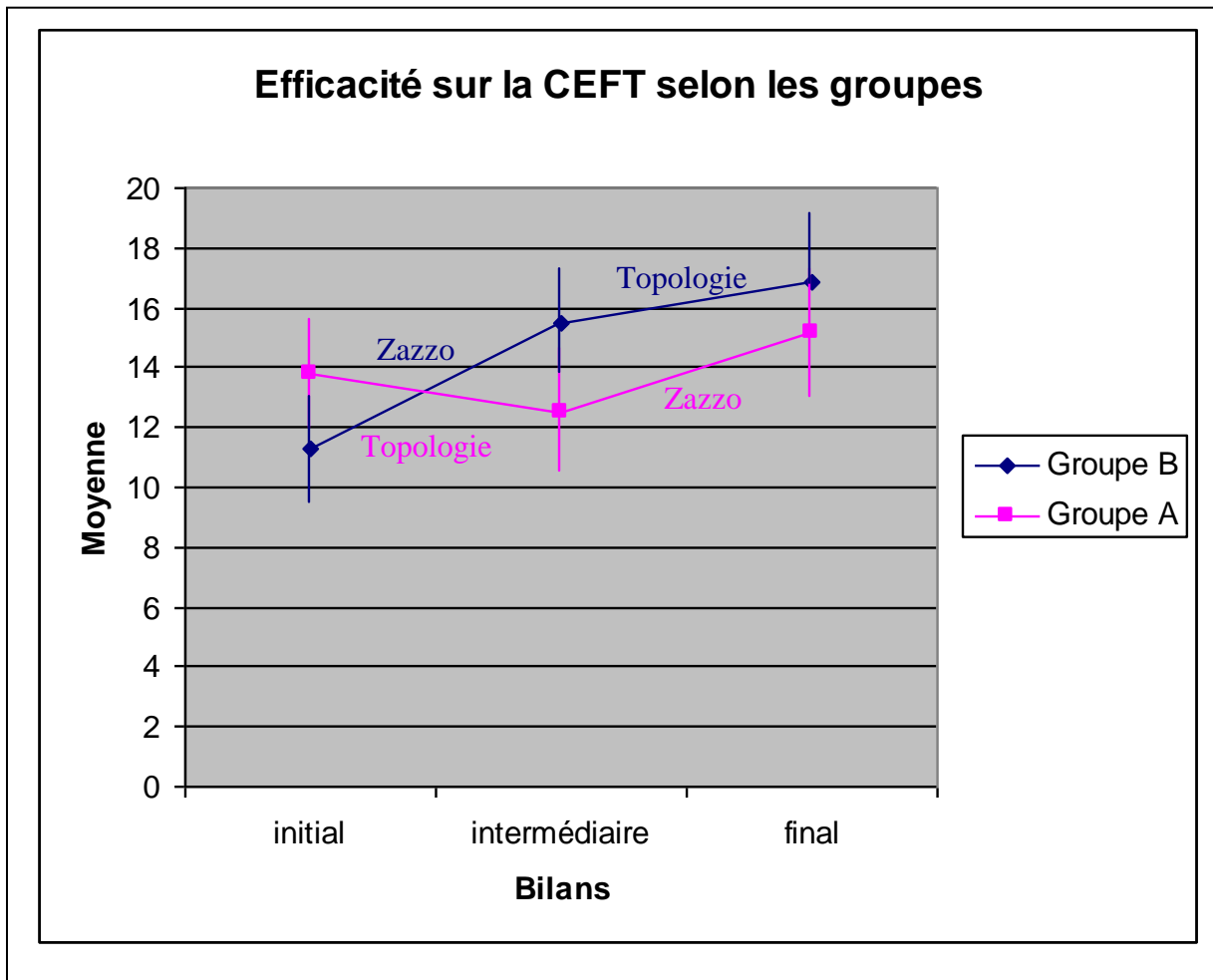
Pour ce qui est de la copie de la figure de Rey, les deux exercices agissent de la même façon sur la perception des éléments de la figure en ce qui concerne leur placement les uns par rapport aux autres et leur précision.

Nos exercices impliquent tous deux un travail dans la mémoire de travail visuo-spatiale (ou « visual memory buffer » selon Van Sommers). L'exercice Zazzo travaille sur le maintien d'une information (le trajet) et sur sa manipulation (transposition de la maquette au réel et évolution du trajet au cours de l'exécution). L'exercice topologie, quant à lui, travaille sur la transformation de l'image mentale (soit par rotation mentale, soit par la décentration). Nous supposons donc, qu'en entraînant le maintien et la manipulation de l'image mentale dans le buffer visuel, nous avons un impact sur son utilisation de manière générale, y compris lors de la copie.

Nous constatons en parallèle une nette amélioration clinique des figures de Rey. Au fur et à mesure des bilans elles montrent une globalité mieux perçue, et pour certains enfants, l'exercice topologie a fait émerger l'utilisation de nouvelles stratégies de production plus efficaces par rapport à leur âge.

En ce qui concerne la « Children Embedded Figure Test », on remarque un effet plus important de l'exercice Zazzo. Nous expliquons cela par le fait que cet exercice entraîne particulièrement la partie visuelle du calepin visuo-spatial. Elle permettrait par là, un meilleur maintien en mémoire du modèle à retrouver dans les figures encadrées de la CEFT. Ce raisonnement peut être étendu à la copie de la figure de Rey pour laquelle, cet exercice permettrait de mieux retenir la partie extraite à dessiner. Il semble qu'on pourrait exercer l'enfant à mémoriser plus longtemps les caractéristiques à reproduire et donc à faire diminuer son temps d'exploration total (comme le décrit l'ontogenèse des compétences de copie selon Pecheux et Streri vu plus haut). L'enfant perdrait moins de temps sur l'exploration et serait alors plus efficace. Tandis que l'exercice de topologie agirait plutôt sur la partie spatiale de la mémoire de travail visuo-spatiale.

D'après notre analyse statistique, il y aurait une interférence de l'efficacité de l'exercice Zazzo sur celle de l'exercice topologie.



Comme le montre cette courbe, l'exercice topologie n'est efficace que s'il est précédé par l'exercice Zazzo. Il est délétère sur les résultats des sujets lorsqu'il est effectué en premier mais il participe à leur progression quand il est précédé de l'autre exercice : on peut donc dire que l'exercice Zazzo potentialise l'exercice topologie.

En permettant un maintien plus long d'une image mentale en mémoire de travail, l'exercice Zazzo permet une utilisation plus efficace de ce maintien pour résoudre les tâches de changement de perspectives. L'enfant, s'aidant de cette compétence, continue de l'exercer au cours de l'exercice topologie. Si l'utilisation de cette capacité n'est pas suggérée préalablement, on peut supposer que l'enfant pourrait être moins susceptible de s'en servir et passerait par d'autres stratégies qui, elles, ne seraient pas bénéfiques pour des tâches telles que celle de la CEFT.

Nous constatons un effet significatif du protocole sur l'item orientation de la Nepsy. En revanche, il n'y a pas de différence significative entre l'effet d'un exercice par rapport à l'autre. Cependant, on constate une plus nette amélioration entre le bilan intermédiaire et le bilan final. On pourrait donc supposer un effet du temps : une rééducation spatiale nécessiterait peut être une prise en charge suffisamment longue.

Un effet significatif est aussi mis en exergue au niveau du test de connaissance droite/gauche de Piaget. Les deux exercices ne montrent pas de différence significative d'efficacité. A notre sens, ce sont les capacités de décentration acquises au fil des deux exercices, ainsi que l'effort de verbalisation demandé aux enfants, qui agiraient au niveau de ce test. En effet, lors de la verbalisation les enfants sont poussés à utiliser du vocabulaire spatial précis afin que l'on puisse saisir leurs pensées.

CONCLUSION GENERALE

Une des grandes difficultés que nous avons rencontrées lors de la conception de ce mémoire fut d'essayer d'établir des liens entre des domaines pour lesquels les données théoriques actuelles n'en fournissent pas, ou tout du moins, pas de manière explicite. Nous n'avons pu trouver que des données éparses et très spécifiques à un certains type de tâche. De plus, il n'y a pas d'unité entre les auteurs dans l'utilisation du vocabulaire. Ainsi, il a été souvent difficile de bien cerner le sujet traité, et en ce sens, d'élaborer des liens entre nos lectures. Le domaine visuo-constructif étant très complexe, les recherches théoriques de ces dernières années semblent s'en être désintéressées.

Néanmoins, ce travail montre que des exercices dits « spatiaux » agissent prioritairement sur des tâches non spatiales qui sont la copie de figure complexe et l'extraction d'une forme simple dans un fond confus.

Notre hypothèse de départ, supposant un lien entre les domaines visuo-constructif et visuo-spatial, semble être confirmée. En ce qui concerne la nature de ce lien, notre hypothèse à ce jour est que ces exercices agissent par le biais de l'entraînement de l'imagerie mentale dans le calepin visuo-spatial. L'amélioration observée ici, ne semble pas en lien avec un travail spécifique sur les relations spatiales, mais plutôt avec un entraînement de la mémoire de travail visuo-spatiale (par ses composantes visuelles d'une part et spatiale de l'autre). D'ailleurs, la plupart des enfants résout la tâche de changement de perspective sans utiliser l'analyse des relations spatiales entre les personnages de la scène.

Il serait intéressant d'observer si à long terme les bénéfices perdurent (et notamment en ce qui concerne le changement de stratégie noté pour la copie de la figure de Rey) ou si au contraire ils sont éphémères.

Notre analyse statistique a souvent suggéré des résultats qui frôlaient la limite de la significativité et qui n'étaient donc pas interprétables. Cette difficulté est due à notre petit échantillon et à son hétérogénéité. En ce qui concerne cette dernière limite, une analyse utilisant comme variable les scores Z (écarts types à la moyenne) plutôt que les scores bruts aurait été intéressante car plus significative. Nous avons voulu effectuer cette analyse mais

nous nous sommes retrouvées face à un certain nombre de difficultés : la bicyclette ne possède pas d'étalonnage, le Piaget n'en possède pas en terme de déviation standard et la CEFT n'a pas d'étalonnage français. Seuls les résultats de la Nepsy et de la figure de Rey auraient pu faire l'objet d'une telle analyse. La figure de Rey et l'item orientation étant tout deux déjà significatifs, nous avons choisit de mener cette analyse pour les résultats de l'item cubes de la Nepsy.

En utilisant les notes brutes nous obtenons un effet non significatif du protocole avec $p=.08$. En utilisant ensuite le score Z nous n'obtenons toujours pas d'effet significatif mais nous nous en rapprochons : $p=.06$. Il est donc envisageable qu'avec une plus grande population et en utilisant les scores Z, d'autres effets significatifs que ceux présentés dans ce mémoire apparaissent. Il semble alors intéressant de remarquer, que lorsqu'on possède une population hétérogène, il est judicieux de choisir des tests pour lesquels un score Z peut être calculé afin que l'analyse statistique soit plus significative.

De plus, il est important de spécifier que certains tests ne sont pas aussi sensibles qu'on l'aurait souhaité. C'est le cas pour le test de Piaget qui n'envisage que des réponses de types « on-off », et les tests de dessins (figure de Rey et Bicyclette) qui ne permettent pas de prendre en compte dans l'analyse statistique tous les critères de qualités et de stratégies mises en place pendant la production.

Notre mémoire n'apporte pas de réponses clairement établies en ce qui concerne les compétences communes au domaine visuo-spatial et visuo-constructif. Cependant, il propose des pistes de réflexion qui nous paraissent tout à fait intéressantes à explorer.

Il nous semble primordial que d'autres investigations plus fines et plus importantes soient menées à ce sujet car les domaines mis en jeu (visuo-constructif, mnésique et d'imagerie) font appel à des mécanismes cognitifs complexes car multiples et abstraits. Pourtant ce sont ces caractéristiques qui font que ce sujet est captivant.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAUDICHON J, BIDEAUD J. (1979). « De l'utilité des notions d'égoцентризм, de décentration et de prise de rôle dans l'étude du développement. » *L'année psychologique*, N°79, 589-622.

- BIALYSTOK E. (1989). « Children's mental rotation of abstract displays ». *Journal of experimental child psychology*, , 47, 47-71

- BIDEAUD J, COURBOIS Y. (1998) « Image mentale et Développement : De la théorie piagétienne aux neurosciences cognitives ». *Presses Universitaires de France*

- BOAKES N. J. (2009). « Origami Instruction in the Middle School Mathematics Classroom : Its Impact on Spatial Visualization and Geometry Knowledge of Students » *RMLE Online*, Vol.32 N°7

- BOUAZIZ S, MAGNAN A. (2007). « Contribution of the visual perception and graphic production systems to the copying of complex geometrical drawings: A developmental study ». *Cognitive Development* 22, 5–15.

- BURGESS N. (2008). « Spatial Cognition and the Brain » *Annals of the New York Academy of Sciences*, 77 – 97.

- DE AGOSTINI M, DELLATOLAS G. (1998). « L'épreuve des trajets au sol : données normatives supplémentaires chez l'enfant. » *Evolutions Psychomotrices*, Vol 10 – N°42,

- DEAN A L., DUHE D A., GREEN D A. (1983). « The development of children's mental rotation strategy on a rotation task. » *Journal of experimental child psychology*, N°36, 226-240.

- DEL GIUDICE E, GROSSI D, ANGELINI R, F. CRISANTI A, LATTE F, A. FRAGASSI N, TROJANO L. (2000). « Spatial cognition in children. Development of drawing-related (visuospatial and constructional) abilities in preschool and early school years » *Brain & Development* 22, 362-367

- FOULKES D, HOLLIFIELD M. (1989). « Responses to picture-plane and depth mental-rotation stimuli in children and adults. » *Bulletin of the psychonomic society*, Vol 27 N°4 327-330.

- GAUDREAU J. (2001). « La complexe figure complexe de Rey ou pourquoi la figure complexe de Rey est-elle si complexe? » *Revue québécoise de psychologie*, Vol. 22, N° 1.

- GUERIN F, SKA B, BELLEVILLE S. (1999). « Cognitive Processing of Drawing Abilities. » *Brain and Cognition* 40, 464–478.

- LEJEUNE M. (1992). « Jean Piaget et Roger N. Shepard : vers une compréhension de la genèse du processus de rotation mentale. » *Archives de psychologie*, 60, 71-87.

- LEJEUNE M, DECKER C. (1994) « Capacités de rotation mentale dans un espace bi- et tri-dimensionnel chez les enfants de 6 à 10 ans. » *L'année psychologique*, 94, 45-62.

- C. MAMMARELLA I, CORNOLDI C. (2005). « Difficulties in the control of irrelevant visuospatial information in children with visuospatial learning disabilities. » *Acta Psychologica* 118, 211–228.

- MARMOR STRAUSS G. (1975). « Development of kinetic images : when does the child first represent movement in mental images ? », *Cognitive psychology*, 7, 548-559.

- PACKIAM ALLOWAY T, GATHERCOLE S E, J. PICKERING S. (November/December 2006). « Verbal and Visuospatial Short-Term and Working Memory in Children : Are They Separable? » *Child Development*, Vol 77, N° 6, 1698 – 1716

- PECHEUX MG. (1994). « Le développement des rapports des enfants à l'espace. », Paris Nathan.

- PECHEUX M-G, STRERI A. (1986). « L'espace des objets : introduction ». *Psychologie Française*, 31, 61-64.
- SCRIBNER S A, ANDERSON M A. « Novice Drafters' Spatial Visualization Development: Influence of Instructional Methods and Individual Learning Styles ». *Journal of industrial teacher education*.
- SNOW H. J, STROP E. E. (1990). "Development of mental rotation matching abilities with children". *Developmental neuropsychology*, Vol 6, N°3, 207-214
- STAMBAK M, PECHEUX M-G. (1969). « Essai d'analyse de l'activité de reproduction de figures géométriques complexes ». *L'année psychologique*, Vol 68, N°1.
- THOMMEN E, RIMBERT G. (2005). « L'enfant et les connaissances sur autrui ». *Belin sup psychologie*.
- VAN SOMMERS P. (1989). « A system for drawing and drawing-related neuropsychology. ». *Cognitive neuropsychology*, Vol 6 N°2 117-164.
- ZABALIA M. (2002). « Action et imagerie mentale chez l'enfant » *L'année psychologique*, N°102, 409-422.

Mémoires en vue de l'obtention du diplôme d'état de psychomotricien :

- KERDILES D. (1997). « Apraxie visuoconstructive et trouble de l'orientation spatiale : Tentative de rééducation des séquelles d'un accident neurologique post-natal. » Université de P. Sabatier : Enseignement de psychomotricité.
- KERZERHO S. (2001). « Mise en place d'un protocole de rééducation de troubles de la visuoconstruction. » Université de P. Sabatier : Enseignement de psychomotricité.
- SEILLER B. (2001). « Trouble visuo-constructifs : Mise en place et comparaison de deux protocoles de rééducation. » Université de P. Sabatier : Enseignement de psychomotricité.

- THOMAS MA. (2002). «La décentration spatiale chez l'enfant, Elaboration d'un outil d'évaluation des capacités de changement de perspective.» Université de P. Sabatier : Enseignement de psychomotricité.

Ce mémoire a été supervisé par Monsieur Regis Soppelsa,
psychomotricien :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Regis Soppelsa', with a long horizontal stroke extending to the right.

ANNEXE

ANNEXE 1 : Le programme d'entraînement :

Ce programme d'entraînement vise à exercer la mémoire de travail visuo-spatiale et l'imagerie mentale afin d'améliorer les compétences visuo-constructives par le biais d'exercices dits « spatiaux » :

- un exercice de topologie, utilisant des changements de perspectives,
- un exercice de type les 9 points de Zazzo.

Ces exercices seront faits séparément pendant 5 séances chacun, et il semble judicieux de commencer par l'exercice Zazzo et de finir par l'exercice topologie, pour de meilleurs résultats en extraction de figures sur fond complexe.

Exercice 1 : Zazzo

Matériel nécessaire pour cet exercice :

- Un cerceau de couleur et un anneau de la même couleur
- Un ballon et une bille
- Un matelas et un petit rectangle de la même couleur
- Un bâton et une allumette de la même couleur.
- 9 petits ronds et 9 grands ronds de la même couleur (en papier par exemple)
- Un petit personnage

Préparation :

Il faudra constituer sur un bureau une maquette avec les 9 petits ronds formant un carré (cf plus bas) l'allumette en haut de ce carré l'anneau à droite, la bille en bas et le rectangle de couleur à gauche.

Au sol on reconstitue en plus grand la maquette c'est-à-dire : 9 grands ronds en carré, le bâton en haut de ce carré, le cerceau à droite, le ballon en bas et le matelas à gauche.

Déroulement :

Chaque séance sera constituée de la même façon :

1^{ère} étape : Montrer à l'enfant sur la maquette le déplacement avec le petit personnage tout en explicitant à voix haute ce déplacement (sans indiquer trop de stratégies).

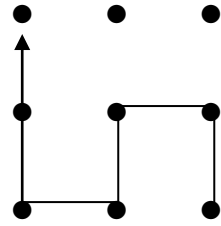
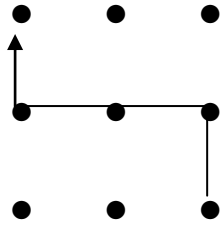
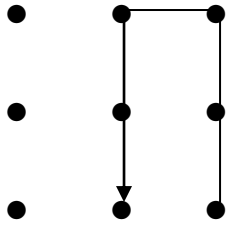
2^{ème} étape : L'enfant refait sur la maquette le déplacement avec le petit bonhomme.

3^{ème} étape : Il fait lui-même le déplacement au sol.

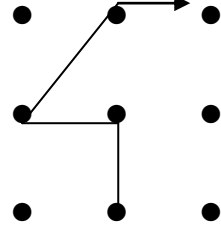
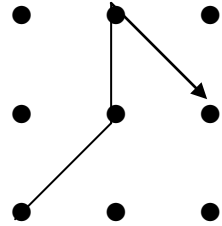
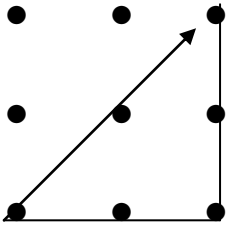
S'il échoue recommencer les 3 étapes.

Ne pas passer plus de 10 minutes sur le même déplacement.

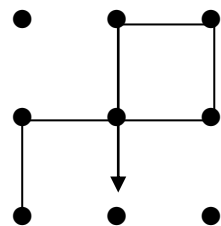
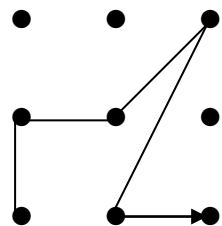
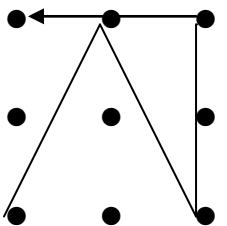
Trois déplacements sont à faire par séance.



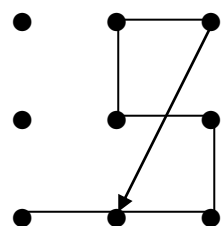
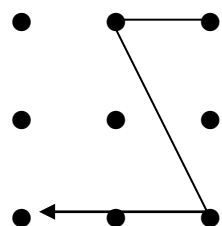
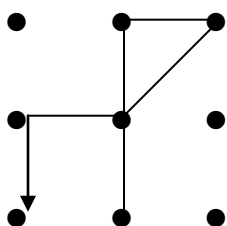
SEANCE 1



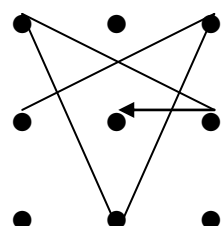
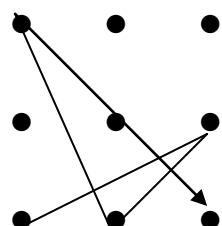
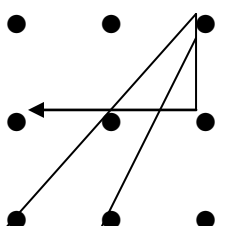
SEANCE 2



SEANCE 3



SEANCE 4



SEANCE 5

Exercice 2 : Topologie

Matériel nécessaire pour cet exercice :

- Des petits animaux en pâte à sel (cochon, souris et hérisson)
- Des Kaplas (maximum 12)
- 1 playmobil et 2 autres petits personnages (playmobil ou autres)
- Un ordinateur ou les photos imprimées

Préparation :

Constituer un sol blanc à la maquette.

Disposer les kaplas pour former l'enclos comme sur les photos.

Placer les personnages sur la maquette

Rq : Le playmobil sera toujours placé en haut à gauche : il constitue au fil des séances un repère fixe.

Chaque séance sera composée de deux ou trois maquettes (« situations ») différentes.

Déroulement :

L'enfant est assis devant la maquette, l'ordinateur (ou les photos imprimées) est positionné de manière à ce qu'il puisse voir simultanément maquette et photos sans se déplacer ni se contorsionner. Vous trouverez toutes les photos nécessaires sur ce lien : <http://www.megaupload.com/?d=KEYSVMGN> entrer les lettres et chiffres demandés et patienter quelques secondes puis cliquer sur téléchargement régulier.

Séance 1 :

1^{ère} Situation : Montrer à l'enfant la photo n°1 et lui demander : « *Réfléchis bien et vas te placer là où il faut pour pouvoir voir comme sur la photo* ». Faire en sorte que l'enfant ne cherche pas en se déplaçant mais qu'il ne se déplace seulement quand il pense avoir trouvé.

S'il se trompe, revenir à la position de départ et recommencer.

Idem pour la photo n°2.

2^{ème} situation : Même consignes avec les photos n° 3 et 4.

3^{ème} situation : Consigne : « *Où te mettrais-tu pour voir comme sur la photo?* ». Ici l'enfant ne se déplace pas. Présenter les photos 5 puis 6.

Si l'enfant donne une mauvaise réponse, lui dire de se positionner à cet endroit, lui faire constater l'erreur de lui-même et lui demander pourquoi est-ce qu'il s'est trompé. Puis recommencer.

Séance 2 :

1^{ère} situation : Mêmes consignes que pour la 3^{ème} situation de la séance 1. Présenter les photos 7 puis 8.

Pour les deux situations suivantes les deux photos seront présentées simultanément :

Consigne : « *Place ces personnages de manière à ce que l'un voit comme sur la première photo et l'autre comme sur la deuxième.* ».

2^{ème} situation : Photos n° 9 et 10.

3^{ème} situation : Photos n° 11 et 12.

Si l'enfant se trompe attendre que les deux personnages soient placés avant de lui faire vérifier.

Séance 3 :

Ici, on place deux personnages sur la maquette. Un face à la maquette, l'autre à sa gauche.

Consigne : « *Je vais te présenter 3 photos. Tu vas devoir trouver qu'elle est celle que voit chaque personnage. Attention, il y en a une que personne ne voit !* ».

1^{ère} situation : Photos 13, 14 (photo erreur) et 15.

2^{ème} situation : Photos 16 (photo erreur), 17 et 18.

Séance 4 :

Pour les deux situations : « *Place ces personnages de manière à ce que l'un voit comme sur la première photo et l'autre comme sur la deuxième.* ».

Puis montrer la photo « erreur » : « *Maintenant trouve quelle est l'erreur sur cette photo ?* ».

1^{ère} situation : Photos 19, 20, 21 (erreur de placement).

2^{ème} situation : Photos 22, 23, 24 (erreur d'orientation).

Séance 5 :

Deux objectifs à cette séance : présenter trois photos à l'enfant, il doit trouver la photo fautive et placer les deux personnages en fonction des deux points de vue restants.

Consignes : A chaque photos : « *Est-elle exacte ?* », si oui « *Place un bonhomme de manière à ce qu'il voit comme sur cette photo* », si non « *Quelle est l'erreur ?* ».

1^{ère} situation : Photos 25, 26, 27 (erreur de placement).

2^{ème} situation : Photos 28, 29, 30 (erreur d'orientation).

Résumé :

Ce mémoire essaie d'établir la part du spatial dans les tâches visuo-constructives. Pour ce faire, nous avons mis en place un protocole basé sur deux exercices dits « spatiaux » : une tâche de changement de perspective et une tâche de trajet au sol. Nos recherches théoriques supposent que le lien entre les domaines visuo-constructif et visuo-spatial se ferait par le biais d'images mentales contenues et manipulées dans le calepin visuo-spatial. En effet, notre premier exercice est un exercice de manipulation de l'image mentale et le second un exercice de mémoire de travail visuo-spatiale. Nos analyses statistiques montrent un effet significatif de ces deux exercices sur le test de copie de la figure de Rey et sur le « Children Embedded Figure test ». Elles montrent aussi un effet significatif de la chronologie des exercices sur ces derniers résultats.

Mots-clés : Visuo-construction, figure de Rey, visuo-spatial, décentration, mémoire de travail visuo-spatiale, image mentale.

Abstract :

This memory is trying to establish the space's part in the visuo-constructive tasks. To do this, we developed a protocol based on two exercises called "spacial" : A change of perspective task and a ground track task. Our theoretical researches assume that the link between the areas visuo-constructive and visuo-spatial would be through mental images contained and manipulated in visual-spatial scratchpad. However, our first training is a mental image exercise and the second is one of visuo-spatial working memory. Our statistical analyses demonstrate a significant effect of these two exercises on the copy of the Rey-Osterreith Complex Figure test (for the copying only) and the "Children Embedded Figure Test". They also show a significant effect of the time schedule of the exercises on these results.

Key-words : Visuo-constructive, ROCF, Visuo-spatial, decentration, visuo-spatial working memory, mental image.

