



UNIVERSITE PAUL SABATIER

FACULTE DE MEDECINE TOULOUSE RANGUEIL

INSTITUT DE FORMATION EN PSYCHOMOTRICITE

**REFLEXIONS AUTOUR D'UNE PRISE EN
CHARGE DES COORDINATIONS
BIMANUELLES PAR LA LATERALITE**

HUGEL LAURENCE

*Mémoire en vue de l'obtention du
Diplôme d'Etat de Psychomotricienne*

Jun 2014

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
PARTIE THEORIQUE.....	2
I. Latéralisation et Latéralité	2
A. Définitions	2
B. Origines de la latéralité	3
1. Facteurs étiologiques	3
2. Modèles explicatifs de la dominance latérale	4
C. Développement de la latéralité	7
D. Evaluation de la latéralité	9
1. Outils d'évaluation	9
2. Classification	12
II. Coordinations manuelles.....	13
A. Généralités	13
1. Définition et classification	13
2. Systèmes neuro-fonctionnels impliqués dans le contrôle manuel	14
Relations visuo-manuelles	14
Asymétrie du contrôle manuel	15
Interactions hémisphériques à travers le corps calleux.....	18
3. Programmation du geste	21
B. Coordinations bimanuelles.....	24
1. Définition et classification	24
2. Contrôle de la commande motrice	26
3. Développement des coordinations bimanuelles	28

4.	Contraintes d'organisation du mouvement bimanuel	30
	Contraintes de symétrie	30
	Contraintes de synchronie	31
	Contraintes liées à la latéralité	32
III.	Organisation des coordinations bimanuelles et latéralité	33
	A. Latéralité et performances dans les coordinations bimanuelles.....	33
	B. Critères de choix des mains pour une coordination bimanuelle	35
	1. Saisie.....	35
	2. Manipulation	38
	C. Améliorer les coordinations bimanuelles en les approchant par la latéralité ..	41
PARTIE PRATIQUE.....		44
I.	Objectif de la prise en charge en psychomotricité	44
II.	Evaluation initiale	45
	A. Situation de dinette	46
	B. Pantomimes	47
	C. Dextérité manuelle (M-ABC)	48
III.	Programme de prise en charge.....	48
	A. Organisation des séances	48
	B. Présentation des activités	49
IV.	Présentation des enfants et des résultats	51
	A. Enzo.....	51
	1. Profil psychomoteur	51
	2. Analyse clinique.....	55
	3. Comparaison avant / après prise en charge	57
	4. Synthèse	60

B. Leo	60
1. Profil psychomoteur	60
2. Analyse clinique.....	64
3. Comparaison avant / après prise en charge	67
4. Synthèse	70
V. Discussion	71
VI. Conclusion	72
BIBLIOGRAPHIE.....	75
ANNEXES.....	77
Annexe 1 : Situation de dinette	
Annexe 2 : Exercices de prise en charge	

INTRODUCTION

Dans le cadre de mon stage au sein d'un CAMSP, j'ai été amenée à réfléchir sur les prises en charge pour deux groupes d'enfants de 4 / 5 ans. Ces enfants présentaient tous des retards en termes de motricité manuelle dans leur profil psychomoteur, avec des origines différentes.

Lors des premières prises en charge, j'ai été frappée par le fait que les exercices étaient souvent orientés autour de la motricité unimanuelle, en particulier l'acquisition ou l'amélioration de la pince pouce / index pour la dextérité mais aussi pour la tenue du crayon dans le graphisme en vue de l'accès à l'écriture. J'ai eu envie de m'intéresser à un domaine un peu moins abordé que sont les coordinations bimanuelles. En parallèle, j'ai également pu observer que ces enfants changeaient assez régulièrement de main pour réaliser les activités.

Ayant à l'esprit que la latéralité pouvait ne pas être encore bien établie à cet âge, il m'a semblé intéressant de voir quel lien pouvait être fait entre cette latéralité en développement et des coordinations bimanuelles dégradées, et de voir comment intégrer ces deux éléments dans une prise en charge.

Dans une première partie théorique, je présenterai des éléments sur les origines et le développement de la latéralité, quelques généralités sur la motricité manuelle et les spécificités des coordinations bimanuelles et enfin les liens qui peuvent être faits entre les deux pour servir de base à la construction du programme de prise en charge.

Dans une seconde partie pratique, je présenterai les supports d'évaluation de la latéralité et des coordinations bimanuelles, les séances de prise en charge, les résultats au travers de l'analyse du parcours de 2 enfants et les éléments de discussion qui ont pu émerger suite à cette réflexion.

PARTIE THEORIQUE

I. Latéralisation et Latéralité

A. Définitions

La latéralisation est un processus qui repose sur la notion d'asymétrie fonctionnelle hémisphérique, c'est-à-dire les différences de fonctionnement et d'organisation des fonctions entre les deux hémisphères cérébraux, apparemment symétriques.

L'organisation différente des fonctions porte sur le traitement des fonctions cognitives et motrices. L'asymétrie dans le traitement des informations motrices et sensorielles concernent la moitié opposée du corps et de l'espace. D'un point de vue comportemental, cela se traduit par une asymétrie dans l'utilisation d'un membre ou d'une partie du corps d'une façon préférentielle ou plus performante. Cette asymétrie « instrumentale » est appelée Latéralité.

De nombreuses définitions de la latéralité ont été proposées. Ainsi, pour Azémar en 1975, la latéralité correspond aux caractères et aux états des asymétries fonctionnelles observées au niveau des segments corporels, qui se traduisent par une prévalence d'un élément sur son homologue, lors de conduites spontanées ou dirigées. (Rivière, 2000)

La latéralité recouvre plusieurs notions et on distingue différents niveaux de latéralité :

- Latéralité gestuelle innée ou spontanée : expression d'une latéralité non apprise et non soumise à une influence extérieure. Par exemple, si on croise les bras tendus, on place le membre dominant au-dessus.
- Latéralité tonique : différence de tonus entre les membres, mise en évidence par la mobilisation passive ou les syncinésies.
- Latéralité usuelle ou fonctionnelle : utilisation dominante d'un membre pour réaliser des actions. Elle peut être manuelle, pédestre, oculaire ou auditive.

Nous allons nous intéresser plus particulièrement à la latéralité manuelle. On parle généralement de main dominante. Mais il convient de faire une distinction importante, à savoir la latéralité de préférence et la latéralité de performance, qui ne sont pas toujours homogènes.

La préférence manuelle consiste à faire la majorité des activités avec la même main, qui est aussi la main utilisée en spontanée pour les activités non entraînées. Il s'agit généralement de la main utilisée pour écrire.

La performance manuelle consiste à avoir de meilleures performances, une meilleure efficacité avec une main par rapport à l'autre. Ces performances se mesurent en termes de précision et de vitesse.

Dans la vie courante, on considère que la main dominante ou préférée est celle qui est utilisée pour écrire.

B. Origines de la latéralité

Les origines du processus de latéralisation sont encore aujourd'hui un sujet de controverse et de débat, malgré les nombreux travaux sur ce domaine. Ainsi, plusieurs facteurs ont pu être identifiés et différents modèles explicatifs ont été proposés.

1. Facteurs étiologiques

Facteurs neurophysiologiques : La spécialisation hémisphérique et la maturation du corps calleux ont un rôle déterminant dans la mise en place de la latéralité.

Facteurs génétiques : De nombreux éléments vont dans le sens d'une implication génétique dans la distribution de la latéralité. Les études auprès de jumeaux mettent en évidence une plus grande fréquence de latéralité identique chez les jumeaux homozygotes. On trouve également une plus grande prévalence de sujets gauchers dans les familles où au moins un des parents est gaucher, sans que cette prévalence

se retrouve chez les enfants adoptés. Enfin, on observe une apparente stabilité de la fréquence des gauchers, malgré les fortes différences culturelles observées tout au long de l'évolution et dans les différentes régions.

Facteurs socio-culturels : L'environnement influence fortement la latéralité, tout au long de sa mise en place. La majorité de la population étant droitère, il peut y avoir un phénomène d'imitation. De plus, l'environnement est construit par et pour des droitiers, ce qui peut inciter à utiliser préférentiellement la main droite. Enfin, l'influence sociale peut aussi passer par une exigence de la part des parents ou de l'école, soit par conformisme social, soit par conviction plus marquée (dans certaines cultures, la main gauche est considérée comme impure).

De façon plus anecdotique, on peut également noter que le langage témoigne en faveur d'une préférence pour la main droite. En latin, « droit » se dit « dexter » (dextérité) et « gauche » se dit « sinister » (sinistre). On oppose l'adresse à la maladresse (« mal à droit ») et on dit de quelqu'un de maladroit qu'il est « gauche ».

2. Modèles explicatifs de la dominance latérale

A partir de ces facteurs, différents modèles ont été développés pour expliquer la dominance latérale, avec comme souvent une opposition génétique / environnement.

Certains modèles mettent l'accent sur une origine périnatale.

Modèle de la position intra-utérine de Prévic (1991)

Dans ce modèle, on suppose que les asymétries hémisphériques et motrices découlent de la position fœtale *in utero*. La majorité des bébés se présentent en position occipito-iliaque gauche antérieure. Du fait de cette position, le côté gauche du corps du fœtus est collé contre la colonne vertébrale de la mère et le côté droit, contre la paroi abdominale, est plus libre pour bouger. Cette position asymétrique serait à

l'origine des asymétries auditives et vestibulaires. La voie vestibulospinale gauche et les muscles extenseurs gauches du cou sont davantage stimulés, entraînant pour ces derniers une flexion de la tête vers la droite à la naissance.

Modèle de Geshwind, Betan, Galaburda (1985)

Ce modèle porte sur le processus qui aboutit à une latéralité à gauche. Il part de l'influence inhibitrice qu'aurait la testostérone sur le développement normalement plus rapide de l'hémisphère gauche, réduisant ainsi l'asymétrie hémisphérique ou permettant une suprématie de l'hémisphère droit, et donc une latéralité plutôt à gauche. Cette théorie permettrait d'expliquer la surreprésentation des gauchers chez les sujets pathologiques (épilepsie, autisme, troubles des apprentissages) mais aussi dans certaines populations (artistes, athlètes...)

Cependant, ces modèles basés sur une origine périnatale impliquent un processus de latéralisation tardif, en contradiction avec des asymétries hémisphériques observées avant même la différenciation cellulaire.

D'autres modèles s'appuient sur l'ontogénèse.

Modèle du gradient de maturation latérale de Corballis et Morgan (1978)

Dans ce modèle, l'asymétrie fonctionnelle découle de la spécialisation hémisphérique, elle-même déterminée par l'asymétrie cellulaire, qui privilégie le côté gauche pendant l'ovogénèse. Au cours du développement, indépendamment de facteurs génétiques, l'hémisphère gauche aurait une croissance plus précoce du fait d'un gradient de maturation gauche - droite. Ceci expliquerait la représentation très importante des droitiers dans la population. Mais d'autres études ont montré un gradient inverse ou encore l'interaction avec d'autres gradients de maturation (antéro-postérieur, postéro-antérieur et ventro-dorsal).

Mais ce sont surtout les modèles génétiques qui ont été influents dans les dernières années. Ces modèles s'appuient soit sur un gène unique, comme le modèle d'Annett, soit sur deux ou plusieurs gènes.

Modèle génétique d'Annett (1978)

Il s'agit du modèle génétique le plus connu. Un gène dominant (RS : Right Shift) serait responsable du déplacement vers la droite de la distribution normale pour l'asymétrie hémisphérique. On trouve trois possibilités (Fagard, 2001) :

- Sujets non dotés du gène RS (RS- / RS-) : la latéralité hémisphérique et les latéralités associées sont réparties de façon aléatoire (50/50) ou résultent d'une perturbation périnatale (19% de la population)
- Sujets hétérozygotes pour le gène RS (RS+/RS) : la latéralité est à droite, avec une supériorité de l'hémisphère gauche pour le langage, mais un développement normal des fonctions de l'hémisphère droit. On trouve aussi dans cette catégorie les sujets ambilatéraux ou non homogènes. (49% de la population)
- Sujets homozygotes pour le gène RS (RS+ / RS+) : la latéralité est à droite, mais l'engagement fort de l'hémisphère gauche peut entraîner des difficultés sur les fonctions de l'hémisphère droit, comme les fonctions spatiales (32% de la population)

Ce modèle permet d'expliquer la grande majorité des sujets droitiers dans la population (81%). Cependant des études ont montré qu'on ne retrouve pas cette répartition sur toutes les tâches de préférence manuelle (la répartition d'Annett se base sur une tâche de placement de chevilles).

Selon certaines études, il se pourrait que le degré de latéralisation soit transmis de façon génétique, tandis que la direction serait plutôt influencée par l'environnement. (Provins, 1997)

Ainsi, plusieurs facteurs semblent impliqués dans le développement de la latéralité. La probabilité d'être gaucher ou droitier est plus ou moins forte selon le patrimoine génétique, mais ce processus de latéralisation est soumis au cours de son développement à des influences externes plus ou moins contraignantes.

C. Développement de la latéralité

Comme on a pu le voir, la latéralité s'exprimerait dès la vie intra-utérine. Des études ont montré que les bébés suceraient plus souvent leur pouce droit dès la 15^e semaine (Hepper, Shahidullah & White, 1991) ou qu'une majorité ferait plus de mouvements spontanés avec la main droite entre 15 et 18 semaines (McCartney & Hepper, 1999)¹.

Après la naissance, on observe également des asymétries de posture. Ainsi, le réflexe tonique asymétrique du cou (tourner la tête, tendre le bras et la jambe d'un côté tout en fléchissant les membres controlatéraux) est réalisé de préférence sur le côté droit pour la majorité des nourrissons. Certains auteurs y voient même un indicateur de la future latéralité manuelle. Cette orientation de la tête permet aussi à l'enfant de voir davantage sa main droite, ce qui stimule le développement sensoriel de ce côté. Mais ces rétroactions visuelles ne peuvent pas expliquer à elles seules l'asymétrie manuelle, car on retrouve la même latéralité manuelle chez les aveugles congénitaux. (Fagard, 2001)

La latéralité unimanuelle

Même si des signes peuvent être observés dès les premiers mois, le geste manuel volontaire n'est pas immédiatement clairement latéralisé. On observe une vraie instabilité du processus de latéralisation pendant la première année de vie, notamment au travers de l'alternance des gestes unimanuels et bimanuels.

Pour la latéralité unimanuelle, les études se contredisent sur une asymétrie nette lors l'activation de la main face à la présentation de l'objet. Il en est de même pour le geste d'approche, qui apparaît vers 5-6 mois, avec cependant une majorité d'études qui privilégie une préférence manuelle à droite.

Après 7-8 mois, il semblerait toujours y avoir une préférence pour la main droite, mais avec encore une certaine faiblesse. Enfin, pour la prise d'objets pendant la 2^e année,

¹ Cités dans Fagard, 2001

les études montrent une préférence manuelle bien établie, qui s'intensifie encore jusqu'à 4 ans. (Fagard, 2001).

Si on s'intéresse à la performance manuelle, la main droite entre plus souvent en contact avec l'objet dans les mouvements d'approche entre 4 et 6 mois, puis cet écart diminue vers 7 mois ; la vitesse de la main droite devient plus rapide que la gauche vers 7 mois ; la trajectoire de la main droite apparaît plus directe vers 3 mois, de façon encore plus nette entre 4 et 7 mois avec une augmentation de la mobilité relative du poignet droit.

La latéralité bimanuelle

La plupart des études mettent en avant une apparition claire au cours de la deuxième année, soit après la latéralisation unimanuelle. Mais les résultats dépendent des tâches utilisées. Une étude a ainsi montré que pour des tâches impliquant un fort contraste entre les 2 mains (ex : mettre un tube dans un étui), la latéralité bimanuelle, avec une utilisation d'une stratégie de droitiers, apparaît plus précocement que la latéralité unimanuelle (prise d'objet simple). (Fagard, 2001)

Pendant la première année, la dominance latérale est très instable : il y a des variations entre les 2 mains, même si on peut observer des prémices de la dominance de façon ultérieure. Ces fluctuations de la latéralité et la difficulté de la mettre en évidence témoignent de la faiblesse du phénomène dans les premières années. De plus, tant que l'action ne présente pas de contrainte, comme une prise ou une manipulation complexe, le geste n'a pas la nécessité d'être latéralisé.

Pendant le développement, la proportion de droitiers augmente et on peut observer une diminution progressive du nombre d'enfants ambilatéralisés ou ambidextres.

L'âge auquel la latéralité est considérée comme stable varie selon les études et les auteurs : entre 3 ans pour Hofsten (1982) et 6 ans pour De Agostini, Paré, Goudot et Dellatolas (1992), voire 8 ans pour Connolly et Elliott (1972). On peut ainsi considérer que vers 3-4 ans la direction devient évidente, puis que vers 5-7 ans la bilatéralité est

bien différenciée et qu'elle se stabilise vers 5 ans. La stabilisation de la latéralité peut aussi être mise en regard de l'apprentissage de l'écriture. Ainsi, après 8 ans, il est délicat d'initier un changement de main dans le cadre d'une rééducation.

D. Evaluation de la latéralité

La latéralité ne répond pas à une dichotomie nette entre droitiers et gauchers : « la latéralisation manuelle... n'est pas une notion claire se posant sous une forme alternative : droite ou gauche. Entre les individus usant de façon exclusive de leur main droite et ceux faisant de même de leur main gauche, il existe de nombreux intermédiaires » (Corraze)²

Une façon simple d'évaluer la latéralité pourrait être l'autodétermination, c'est-à-dire demander directement au sujet s'il est droitier ou gaucher, mais cela suppose qu'il l'ait clairement identifié. Il est donc nécessaire d'utiliser des outils d'évaluation standardisés, à savoir les questionnaires ou l'observation de la réalisation des actions manuelles.

Pour les enfants plus spécifiquement, il convient cependant de leur faire exécuter les activités en réel ou par imitation, car ils accèdent difficilement au questionnement sur ce sujet.

1. Outils d'évaluation

Différents tests ont été développés en fonction de ce qui est mesuré, en particulier la préférence ou la performance.

² Cité dans Rivière, 2000, p.88

Tests d'évaluation de la préférence manuelle

L'évaluation permet de déterminer principalement la direction de la latéralité : droite ou gauche. Pour les questionnaires objectifs, il s'agit de demander au sujet avec quelle main il réalise chacune des actions.

- Inventaire de latéralité d'Edinburgh de R.C Oldfield
- Questionnaire de latéralité manuelle de M. ANNETT
- Questionnaire de préférence manuelle de DELLATOLAS

Cependant, chaque test a ses propres critères pour qualifier la réponse. Ainsi, on peut répondre simplement « droite » ou « gauche » ou alors de façon plus précise sur la fréquence d'utilisation de la main, « toujours », « parfois » ou « jamais ».

Pour les praxies gestuelles, il s'agit pour le sujet de réaliser les actions afin d'observer directement quelle est la main utilisée.

- Epreuve d'Auzias (1973): 20 items, dont 10 fortement différenciateurs.
- Test de latéralité de Harris : 10 items (dominance manuelle, oculaire et pédestre)

A partir des réponses apportées par le sujet, on peut calculer un indice de latéralité, selon la formule suivante :

$$IL = (\text{Nbre réponses MD} - \text{Nbre réponses MG}) \times 100 / (\text{Nbre Réponses MD} + \text{MG})$$

Le score obtenu permet de déterminer la direction de la préférence (score positif pour les droitiers et score négatif pour les gauchers), mais aussi le degré de préférence, selon que le score soit plutôt proche de 0 (sujets ambidextres ou non latéralisés) ou plutôt proche des extrémités (+100 pour les Droitiers exclusifs et -100 pour les Gauchers exclusifs).

Tests d'évaluation de la performance manuelle

L'évaluation de la dextérité manuelle pour chaque main permet d'identifier la main la plus performante et précise. Il convient cependant de distinguer les activités

entraînées (mesure d'une compétence) et les activités non entraînées (mesure d'une aptitude).

- Test de Harris : écrire les chiffres de 1 à 12 en colonne avec chaque main en même temps (le côté où il y a le moins d'inversion est le côté dominant)
- Epreuve de Bishop : aller chercher la carte demandée le plus vite possible parmi les cartes positionnées en arc de cercle pour voir à partir de quel moment le sujet change de main.

Les tests comme le Purdue Pegboard ou l'épreuve unimanuelle dans le domaine « Dextérité manuelle du M-ABC » n'ont pas pour vocation première de déterminer la performance manuelle, mais les résultats obtenus peuvent donner des indications sur ce versant de la latéralité.

On peut compléter cette évaluation par une appréciation de la latéralité neurologique ou tonique, en comparant les deux hémicorps. Les épreuves d'extensibilité et du ballant permettent d'évaluer le tonus de fond tandis que les épreuves de diadococinésie donnent une indication sur le tonus d'action.

Certaines batteries d'évaluation intègrent des items en lien avec la latéralité. Par exemple, la Batterie d'Evaluation des Fonctions Neuro-Psychomotrices de l'enfant (NP – MOT) détermine un profil de latéralité manuelle à partir de 3 groupes d'épreuves (latéralité spontanée, usuelle, psychosociale).

Les activités qui servent de support à l'évaluation sont très majoritairement unimanuelles. Les coordinations bimanuelles peuvent être représentées dans les tests (dévisser une bouteille, prendre une perle dans une tasse avec une cuillère), mais peu d'études ont porté sur la question de savoir si la latéralité s'exprime avec le même degré pour les actions bimanuelles ou unimanuelles.

2. Classification

Les classifications sont multiples et avec des degrés de finesse différents selon les tests. Par exemple, le Questionnaire de préférence manuelle de DELLATOLAS répartit les sujets en 4 catégories : droitiers, droitiers ambidextres, gauchers ambidextres, gauchers.

De façon générale, on distingue la latéralité franche ou pure d'une latéralité mixte, qui recouvre plusieurs cas, comme les sujets ambidextres (utilisation indifférente des deux mains pour une même activité, sans différence de performance entre les mains) ou les sujets ambilatéralisés (utilisation d'une main ou de l'autre en fonction des tâches).

Pour les enfants, il convient d'être prudent face à un profil de latéralité mixte, car la latéralité peut ne pas encore être établie.

Enfin, il faut distinguer les cas particuliers des latéralités pathologiques (par exemple dans le cadre d'une lésion cérébrale) et de latéralités contrariées, principalement à gauche, où la latéralité a été orientée par l'environnement.

Représentation des différentes catégories dans la population

Il est difficile d'estimer de façon précise la prévalence des différentes catégories, car l'évaluation est très variable selon les méthodes utilisées.

Pour l'écriture, on estime qu'il y a environ 90% de droitiers et 10% de gauchers, avec de légères variations selon les cultures.

Les ambidextres et ambilatéralisés sont généralement confondus dans une même catégorie (dominance mixte / mélangées, prédominance incomplète, ambivalence, dyslatéralité) et représentent environ 25% de la population.

La compréhension du phénomène de latéralité et de son développement est loin d'être aboutie et suscite encore beaucoup de questions.

II. Coordinations manuelles

A. Généralités

1. Définition et classification

La motricité manuelle a plusieurs fonctions. On peut citer les fonctions de préhension et de manipulation ou les fonctions de communication. Elle peut aussi contribuer aux activités corporelles plus globales, comme par exemple dans les activités sportives.

Au sein des activités de préhension et de manipulation, on distingue plusieurs catégories. On peut par exemple citer la classification de Paoletti, qui décrit ce qu'on peut faire avec les mains, sachant qu'il peut y avoir plusieurs possibilités pour effectuer une même action. Sa classification tient compte de la finalité du geste, de la complexité des mouvements et des éléments de contexte. (Paoletti, 2007)

- Comportement de quête : action de pointage, de poursuite, d'approche, de contact
- Comportement de prise de possession : action de saisie, d'attraper
- Comportement de manipulation : action de palpation, de soutien, de déplacement, de transformation
- Comportement de restitution : action de lâcher, de déposer
- Comportement d'application de force : action de frapper (appliquer une force à un objet qu'on ne tient pas), de lancer (appliquer une force à un objet qu'on tient)
- Comportement de graphisme : action de dessiner, de peindre, d'écrire (produire un tracé avec un outil)

La motricité manuelle, ou motricité fine, nécessite de la précision et sollicite l'intervention et le contrôle de petits muscles.

2. Systèmes neuro-fonctionnels impliqués dans le contrôle manuel

Le contrôle du geste moteur manuel se fait à plusieurs niveaux : la motricité posturale pour le maintien de l'équilibre pendant l'action et pour le contrôle visuel dans la prise d'informations, la motricité proximale avec l'action du bras et la motricité distale avec l'action de la main et des doigts.

L'ensemble de ces phénomènes implique plusieurs structures, en particulier le système nerveux (moelle épinière, tronc cérébral, cortex cérébral), des structures sous-corticales (ganglions de la base, cervelet) et le corps calleux.

Sans détailler toute l'organisation de ce système complexe, il paraît important de présenter brièvement les processus qui interviennent dans les coordinations manuelles, et plus particulièrement les coordinations bimanuelles.

Relations visuo-manuelles

Le système visuel intervient à différents niveaux de l'action : d'abord pour son déclenchement, puis au cours de l'action pour réaliser les modifications si nécessaire.

On distingue deux voies visuelles : les voies ventrales et dorsales, dont la compréhension des rôles a un peu évolué au cours des dernières années. Avant, on distinguait d'une part le traitement des informations pour identification des caractéristiques physiques de l'objet (voie ventrale) et d'autre part le traitement de l'information pour analyse de la localisation (voie dorsale). Aujourd'hui, on considère davantage une distinction portant sur l'intention qu'a le sujet vis-à-vis de l'objet.

La voie ventrale, située dans le cortex temporal inférieur, est sollicitée quand la perception a pour objectif l'identification ou la catégorisation de l'objet. Il s'agit d'une perception cognitive, explicite et consciente.

La voie dorsale, située dans le cortex pariétal postérieur, intervient quand la perception est au service de l'action. Elle fonctionne de façon plus implicite et inconsciente.

Par exemple, quand la taille d'un objet à saisir est agrandie et que le poids reste inchangé, les adultes mettent la même force pour le soulever alors qu'ils reconnaissent qu'ils perçoivent le plus petit objet comme plus lourd (Gordon, Forssberg, Johansson & Westling, 1991).³

Les deux voies viennent du cortex strié et arrivent dans le cortex frontal, mais seule la voie dorsale recevrait des projections directes du cortex visuel primaire, ce qui expliquerait un traitement plus rapide pour la préhension que pour l'identification.

Il faut cependant relativiser cette dissociation entre ces deux systèmes, qui sont fortement connectés et très probablement impliqués dans une majorité de tâches, à des degrés divers.

Asymétrie du contrôle manuel

Organisation du Système Nerveux

Le système nerveux est organisé de façon bilatérale, avec un croisement des fibres motrices et sensorielles pour leur très grande majorité. Cette organisation conduit à un traitement des perceptions et des actions d'un hémicorps principalement par l'hémisphère cérébral controlatéral.

Au niveau des voies motrices, on a vu qu'on distinguait la motricité distale des motricités axiale et proximale. En effet, les fibres motrices des doigts croisent quasiment à 100%, alors que les fibres impliquées dans la motricité axiale et proximale croisent plutôt à hauteur de 70%. Ceci implique que la perception et le contrôle manuel, principalement sous contrôle de l'hémisphère controlatéral, passent aussi par l'hémisphère ipsilatéral, via les fibres non croisées.

La sélection d'un système (croisé ou non croisé) est tout d'abord fonction du caractère distal ou proximal du mouvement : les gestes très distaux impliqueront quasi exclusivement l'hémisphère controlatéral via les voies croisées. Elle est également

³ Cité dans Fagard, 2001

déterminée par la direction du mouvement : les mouvements d'abduction sont plus majoritairement contrôlés par l'hémisphère controlatéral que les mouvements d'adduction (Van der Staak, 1975)⁴.

Prépondérance d'un hémisphère dans le contrôle sensori -moteur

On a pu identifier une différence dans la capacité de chaque hémisphère à activer le contrôle moteur ipsilatéral, avec un avantage en faveur de l'hémisphère gauche. Cette différence a pu être mise en évidence de façon comportementale avec des patients ayant subi une section du corps calleux, mais également au travers de mesures par EEG et imagerie cérébrale.

Pour la réalisation de coordinations complexes chez les droitiers, il semble que l'hémisphère gauche intervienne de façon prépondérante, même pour la commande de la main gauche. On a pu mettre cette asymétrie en évidence par l'étude des apraxies chez les sujets porteurs d'une lésion sur un hémisphère, l'étude des performances manuelles dégradées en situation de double tâche et l'étude de l'activation des zones corticales pendant la réalisation d'un geste.

Les patients porteurs d'une lésion de l'hémisphère gauche présentent des apraxies bilatérales tandis qu'une lésion à droite se traduit par des difficultés praxiques uniquement pour l'hémicorps gauche. Cependant, plus les exigences de la tâche en termes d'intégration visuomotrice sont fortes, plus les conséquences d'une lésion unilatérale (même à gauche) apparaissent bilatérales

L'étude de situations de double tâche (motrice et cognitive) permet également de mettre à jour l'asymétrie dans le contrôle manuel : une tâche cognitive secondaire latéralisée conduit ainsi à une perturbation de l'action des mains. Le modèle de Kinsbourne définit qu'il existe une interférence quand les deux tâches sont en compétition pour utiliser des espaces fonctionnels contigus dans le même hémisphère. (Fagard, 2001)

⁴ Cité dans Fagard, 2001

Une tâche verbale en même temps qu'une tâche manuelle perturbe la main droite et non la main gauche : l'hémisphère droit peut contrôler l'action motrice de la main gauche par les voies croisées, alors que l'hémisphère gauche est perturbé dans le contrôle de la main droite par la sollicitation de la tâche de langage. Mais si la tâche secondaire sollicite l'hémisphère droit, le contrôle moteur de la main gauche est peu perturbé : l'hémisphère gauche peut gérer la commande motrice des deux mains, même si l'hémisphère droit est sollicité. Ce contrôle manuel par l'hémisphère gauche est encore plus important quand la commande motrice porte sur des gestes séquencés. Il semble cependant qu'après entraînement, la prépondérance de l'hémisphère gauche diminue et chaque hémisphère contrôle alors le membre controlatéral, comme pour une tâche simple.

Ainsi, les tâches motrices simples sont contrôlées par l'hémisphère controlatéral, les tâches motrices séquentielles et les praxies sont contrôlées davantage par l'hémisphère gauche et les tâches les plus complexes impliquent un contrôle bilatéral.

Les études par EEG confirment cette asymétrie : une activation bilatérale des cortex moteurs pour une tâche unimanuelle de la main gauche et une activation unilatérale du cortex moteur gauche pour une tâche unimanuelle de la main droite. Le contrôle moteur sollicite l'hémisphère gauche quelle que soit la main utilisée.

Les études par imagerie cérébrale montrent également une différence dans l'activation uni ou bilatérale des cortex moteurs selon les phases du mouvement (la préparation du mouvement serait plus bilatérale que l'exécution), selon le type de geste (prise ou pointage) et selon le degré de nouveauté (une tâche nouvelle sollicite davantage l'hémisphère droit).

Toutes ces études montrent que de nombreux facteurs interviennent dans le contrôle moteur et notamment dans son organisation asymétrique. Néanmoins, on retrouve quelques points de convergence dans l'ensemble des travaux.

Pour les gestes simples, le contrôle manuel est croisé : chaque hémisphère contrôle l'action de la main controlatérale. Il est particulièrement croisé pour les gestes distaux

et pour les mouvements d'abduction. A l'inverse, le contrôle devient bilatéral pour les tâches complexes et impliquant une intégration sensori-motrice.

L'hémisphère gauche est davantage impliqué dans le contrôle moteur, et d'autant plus dans les mouvements de types séquentiels et praxiques. Quant à l'hémisphère droit, il est particulièrement sollicité pour les mouvements à forte composante spatiale.

L'implication de chaque hémisphère dépend également de la phase du mouvement et du degré d'automatisation de la tâche.

Concernant la population des gauchers, à l'instar de la fonction du langage, l'asymétrie du contrôle manuel n'est pas strictement à l'inverse de celle des droitiers. Ainsi, on peut retrouver une perturbation de l'action de la main gauche pendant une double tâche motrice et verbale, mais elle n'est pas systématique.

Des recherches ont porté sur le lien qu'il peut y avoir entre latéralité et langage. Ainsi, on observe une corrélation entre l'asymétrie hémisphérique du contrôle manuel et l'asymétrie du contrôle verbal, plus généralement du langage : elle est très forte pour les droitiers (96% des droitiers ont le langage représenté dans l'hémisphère gauche), et plus diffuse chez les gauchers (70% des gauchers ont le langage représenté dans l'hémisphère gauche, 15% dans l'hémisphère droit et 15% en bilatéral). Mais des études ont montré que cette corrélation est surtout vraie pour les gestes communicatifs et moins pour les gestes de manipulation d'objets. (Cochet & Vauclair, 2012)

Interactions hémisphériques à travers le corps calleux

Une asymétrie hémisphérique a été mise en évidence pour le contrôle de la motricité manuelle, avec une coopération entre les deux hémisphères. Mais comment les deux hémisphères échangent-ils les informations pour coordonner leur activation et donc la réponse motrice ?

Les nombreuses études sur des sujets ayant subi une lésion du corps calleux ou souffrant d'une agénésie du corps calleux ont montré un rôle primordial du corps calleux dans les interactions interhémisphériques dans le domaine de la motricité.

Le rôle du corps calleux pourrait ainsi être résumé autour de 3 fonctions principales. (Fagard, 2001)

Unifier le champ sensoriel en transférant les informations d'un hémisphère à l'autre

En l'absence de corps calleux, certaines informations sensorielles ne sont pas perçues, car elles n'ont pas été transmises à l'hémisphère considéré comme dominant pour le traitement spécifique de ce type d'informations. Cette fonction est cependant difficile à mettre en évidence, car les sujets, en particulier en l'absence de corps calleux, développent des stratégies de compensation pour aboutir à cette unification des informations sensorielles reçues. De plus, ce rôle d'unification s'appliquerait surtout pour les situations complexes, car des informations sensorielles simples peuvent passer par des voies sous-corticales.

Transférer des activations excitatrices et inhibitrices au cours d'activités bilatérales

L'apprentissage d'une coordination bimanuelle apparaît perturbé dans le cas d'une lésion du corps calleux. Celui-ci est impliqué pour coordonner la motricité des deux hémicorps dans le cas où l'activité n'est pas automatisée. Il semblerait que la commande motrice soit initiée au niveau d'un seul hémisphère, mais que le transfert porte sur la copie d'efférence et sur les rétroactions issues de l'action (Geffen, 1994).

Le corps calleux peut aussi avoir une action inhibitrice, en particulier par rapport aux tendances à la symétrie et à la synchronie des coordinations bimanuelles (voir paragraphe Contraintes d'organisation du mouvement bimanuel pour plus de précisions).

Réguler l'attention et répartir les tâches entre les hémisphères

Dans cette approche, le rôle du corps calleux est défini comme non spécifique. Il interviendrait pour maintenir et répartir l'attention, pour transmettre une alerte dans le cas de l'apprentissage d'une coordination sous le contrôle d'un hémisphère spécifique. Mais cette vision du rôle du corps calleux est loin d'être partagée par le plus grand nombre, notamment du fait d'une capacité à diriger l'attention visuelle plutôt préservée chez des sujets au corps calleux sectionné.

Il est parfois évoqué l'hypothèse que le transfert de flux inhibiteurs via le corps calleux, évoqué dans le paragraphe plus haut, puisse être à l'origine de l'établissement de la latéralité : ces flux auraient pour effet d'inhiber l'hémisphère mineur pour un traitement donné.

Compte tenu du rôle du corps calleux dans les échanges interhémisphériques, observe-t-on une corrélation entre la taille du corps calleux et la latéralité ?

La surface du corps calleux apparaît plus importante pour les sujets droitiers ayant une latéralité non homogène ou peu établie (Witelson, 1985)⁵. Dans le même sens, des études par imagerie cérébrale ont montré que le corps calleux est davantage développé chez les gauchers, les ambidextres et les droitiers peu homogènes par rapport aux droitiers homogènes (Habib, 1993)⁶. Des observations comportementales semblent confirmer l'hypothèse d'échanges interhémisphériques plus développés chez les gauchers. Mais ces résultats ne sont pas retrouvés dans toutes les études, dont la comparaison est cependant rendue difficile par les différences de méthodes.

D'un point de vue fonctionnel, les sujets appartenant aux catégories avec un corps calleux relativement large, donc avec une latéralité non établie à droite, ont de meilleures performances dans des tâches de coordinations bimanuelles ou de comparaison de stimulations sensorielles bilatérales. (Potter & Graves, 1988)⁷

Si le corps calleux intervient dans le transfert des informations entre les deux hémisphères, dans l'activation neuronale controlatérale et dans la régulation de l'activation bilatérale pour les activités bimanuelles, il ne faut pas pour autant en déduire un strict dualisme entre les deux hémisphères qui serait contré par l'action unificatrice du seul corps calleux. Il existe d'autres systèmes qui interviennent dans l'unification, comme les autres commissures interhémisphériques ou les voies croisées.

⁵ Cité dans Fagard, 2001

⁶ Cité dans Fagard, 2001

⁷ Cité dans Fagard, 2001

3. Programmation du geste

Plusieurs structures anatomiques du système nerveux sont impliquées dans le contrôle de la motricité manuelle. Mais comment s'organisent les coordinations manuelles ?

La coordination manuelle pourrait se décrire au travers des différentes étapes qui la constituent : une phase d'approche, une phase de saisie et souvent une phase de manipulation. Mais comment se détermine le mouvement pour aboutir à cette coordination ?

Sans pousser trop loin dans les détails, on peut reprendre les grandes idées des deux principales théories qui expliquent la motricité, c'est-à-dire comment se détermine et se met en œuvre une coordination dans une situation donnée. Les expériences qui sous-tendent ces théories ont beaucoup porté sur les coordinations manuelles.

Approche cognitive (Bernard Thon)⁸

Dans cette approche, le système nerveux central contrôle la motricité : à partir des informations reçues de l'environnement et des informations stockées en mémoire, il envoie une commande motrice. Ce processus se déroule en plusieurs étapes : la sélection de la réponse, la programmation, l'exécution contrôlée et la mémorisation de l'action. L'étude de ces processus s'appuie sur l'analyse des durées et des réponses comportementales (temps de réaction).

La sélection de la réponse se fait à partir de l'analyse des informations reçues des récepteurs sensoriels, mais elle est fortement influencée par le lien entre la nature du stimulus et le type de réponse attendue, mais aussi par le niveau d'automatisation de la réponse au travers de l'apprentissage.

La programmation de la réponse motrice correspond au déclenchement du « programme moteur », la commande des muscles effecteurs impliqués dans le

⁸ Cité dans Albaret & Soppelsa, 2007

mouvement. Du fait de cette programmation, si un mouvement est initié par un signal, il sera déclenché même si un signal contraire est envoyé très peu de temps avant l'exécution. De plus, si le temps d'exécution est très rapide, l'utilisation des informations sensorielles est limitée, compte tenu du temps de traitement. Pendant cette étape, on observe aussi que le temps de réaction est d'autant plus long que la coordination est complexe, avec un nombre de commandes plus élevées. Mais la pratique du mouvement peut réduire ce temps, par une programmation plus globale et moins séquentielle des mouvements. Lorsqu'on donne des indices avant la réalisation du mouvement, on peut observer une réduction du temps de réaction, comme si ces indices permettaient de préparer la programmation. Toutes ces observations s'appuient sur l'hypothèse d'une programmation séquentielle.

Le contrôle de l'exécution motrice s'appuie sur des boucles de rétroaction, où les informations générées par les récepteurs sensoriels (proprioceptifs, vestibulaires, visuels, auditifs), c'est-à-dire le feedback pendant le mouvement, permettent de détecter les erreurs et ainsi de modifier le mouvement pour les corriger. L'analyse de ces informations transmises pendant le mouvement suppose un temps de traitement, qui est en lien avec la précision attendue. Ainsi, l'accélération du mouvement entraîne une perte de précision, car la quantité d'informations pouvant être traitée dans un temps donné est limitée. Cette capacité de traitement limitée entraîne également un coût attentionnel.

Une coordination est nécessaire pour ordonner l'intervention des différents effecteurs. Elle est soit intrasegmentaire (un seul effecteur, comme la saisie manuelle), soit intersegmentaire (plusieurs effecteurs de façon coopérative ou compétitive).

La mémorisation de la réponse motrice peut se faire à plusieurs niveaux. Tout d'abord la mémorisation à court terme permet de reproduire le mouvement dans les minutes qui suivent, avec une plus grande efficacité pour les mouvements actifs. Mais la mémorisation est surtout intéressante à long terme, pour soutenir la programmation des mouvements ultérieurs. Dans les premiers modèles, on distingue la mémoire de rappel et la mémoire de reconnaissance. Pour Adams, dans les années 60, la mémoire de rappel permet l'initiation des premières commandes motrices tandis que la mémoire de reconnaissance fournit le support de comparaison dans le contrôle de la réalisation du mouvement. Plus tard, Schmidt distingue les caractéristiques invariantes d'un type

de mouvements et les paramètres variables : le schème moteur représente une structure abstraite, qui contient les caractéristiques de la catégorie de mouvements et qui assure le paramétrage des variables, aboutissant au programme moteur (schème de rappel) et au résultat attendu en termes d'informations sensorielles (schème de reconnaissance) pour la coordination donnée. On a longtemps pensé que l'apprentissage induisait une diminution du contrôle visuel, mais celui-ci évolue peut-être au fur et à mesure de la pratique.

Les théories cognitivistes du mouvement proposent une approche très hiérarchisée et séquencée de la programmation du mouvement.

Approche écologique – dynamique (P.G. Zanone)⁹

Dans cette approche, les différents éléments impliqués dans une action motrice ont leur propre organisation et leurs propres contraintes. Ils se coordonnent de façon spatio-temporelle, pour que cette action soit fluide et efficace. Cette approche s'appuie à la fois sur les théories « écologiques », pour le versant perceptif avec la relation entre l'environnement et le sujet, et les théories dynamiques, pour le versant moteur avec la coordination des éléments du système moteur. Les informations ne sont pas traitées par un système central, mais c'est leur couplage avec les composantes de l'organisme qui détermine le comportement : le couplage perception-action, appelé « affordance » par Gibson, détermine la coordination. Les différentes coordinations s'articulent entre elles grâce aux processus de l'auto-organisation : l'émergence d'une forme qui résulte uniquement du déséquilibre provoqué par l'interaction entre les différents éléments. Les systèmes dynamiques, quant à eux, permettent de formaliser les réponses comportementales qui découlent des systèmes d'auto-organisation, et de modéliser leur trajectoire, c'est-à-dire l'évolution dans le temps.

Cette approche théorique, plus récente que l'approche cognitiviste, permet de répondre à quelques questions en suspens : l'auto-organisation implique qu'il n'y a pas besoin pour un système central de mémoriser un nombre infini de coordinations et que le sujet peut créer de nouvelles coordinations si besoin. Le Système Nerveux

⁹ Cité dans Albaret & Soppelsa, 2007

Central n'est plus abordé comme une structure qui commande, mais comme un des éléments du système, qui intervient en particulier au niveau du couplage des segments corporels.

Concernant plus spécifiquement la préhension, les deux modèles s'accordent sur une coordination stable et unique dans le séquençement du mouvement : une phase d'approche ou de transport et une phase de saisie, même s'ils ne l'expliquent pas de la même façon. Les variables portent sur l'articulation et le passage entre les deux étapes. Ainsi, l'approche écologique fait le lien entre la coordination et son objectif : l'ensemble des informations perçues directement et sans traitement, à l'aune du but poursuivi, amène la main à se trouver au bon endroit pour saisir l'objet et d'une façon optimale pour réaliser la manipulation à venir.

B. Coordinations bimanuelles

1. Définition et classification

Dans le cadre de notre étude, on s'intéresse donc aux activités de manipulation manuelle, et plus particulièrement celles qui mettent en jeu les deux mains.

Pour décrire et classer les coordinations bimanuelles, on peut s'appuyer sur plusieurs critères, comme par exemple ceux décrits par Jacqueline Fagard (Fagard, 2001)

- Nombre d'éléments du mouvement
 - o gestes discrets ou courts (ex : pointer vers une cible)
 - o gestes continus ou séquentiels, sans début ni fin (ex : toucher une série de cibles)
 - o gestes répétitifs ou identiques et répétés à intervalle régulier (ex : frapper sur des touches à intervalle régulier)
- Relations spatiales entre les gestes de chaque main
 - o gestes symétriques
 - o gestes parallèles
 - o gestes asymétriques
- Relations temporelles entre les gestes de chaque main

- gestes synchrones
- gestes coordonnés temporellement mais non synchrones
- gestes indépendants temporellement
- Rôle de chaque main dans l'action
 - rôles semblables et complémentaires
 - rôles différents et complémentaires
 - rôles indépendants

A partir de ces paramètres, J. Fagard a établi une classification des gestes bimanuels (Fagard, 2001)

- **Gestes indépendants spatialement et temporellement** : gestes sans dépendance spatio-temporelle liée à la tâche, mais assez rares dans la vie courante
Ex : se frotter le ventre avec une main et se taper sur la tête avec l'autre main
- **Gestes indépendants spatialement mais synchronisés** : combinaison de gestes coordonnés seulement sur le plan temporel.
- **Gestes complémentaires à rôles non différenciés** : combinaison de gestes semblables selon des paramètres spatio-temporels coordonnés
- **Gestes complémentaires à rôle différencié** : rôle passif de stabilisation pour une main et rôle actif de manipulation pour l'autre main.

Pour les gestes dits « complémentaires à rôle différencié », la complémentarité entre les deux mains peut se traduire en termes de coopération ou de compétition.

Dans une approche dynamique, la coopération s'observe s'il y a coïncidence entre la tâche demandée et un attracteur spontané, ce qui aboutit à une performance stable et précise. A l'inverse, la compétition apparaît quand la tâche ne coïncide pas avec un attracteur spontané, avec une performance variable et imprécise. Ainsi, le degré de coopération ou de compétition entre l'activité et l'attracteur spontané détermine la performance en terme de précision et de stabilité. (P.G. Zanone)¹⁰

¹⁰ Cité dans Albaret & Soppelsa, 2007

On trouve un autre modèle de classification des gestes bimanuels (Guiard, 1998)¹¹, qui s'appuie sur les différents modes d'assemblages possibles entre les deux mains.

- Mode d'assemblage orthogonal : les deux mains ont des positions de référence différentes dans le geste (gestes indépendants)
- Mode d'assemblage parallèle : les deux mains ont des positions de référence identiques dans le mouvement. (gestes indépendants spatialement mais synchronisé et gestes complémentaires à rôle non différencié)
- Mode d'assemblage sériel : la position d'arrivée d'une main sert de position de référence à l'autre main (gestes complémentaires à rôle différencié)

Même si certains gestes apparaissent unimanuels au premier abord, la très grande majorité de nos gestes quotidiens fait intervenir les deux mains. Les rôles de chaque main sont alors plus ou moins différenciés, avec au minimum une contribution à l'organisation de la posture.

2. Contrôle de la commande motrice

On a pu voir plus haut que l'hémisphère gauche avait un rôle prépondérant dans le contrôle de la motricité manuelle. Mais cette asymétrie concerne-t-elle également les coordinations bimanuelles, c'est-à-dire lorsque les deux mains sont actives en même temps, de façon simultanée ou non ?

Il semble que pour une tâche donnée, le contrôle moteur soit davantage latéralisé pour son exécution bimanuelle que pour l'unimanuelle : un seul hémisphère, en l'occurrence l'hémisphère gauche, contrôlerait les deux mains dans une action bimanuelle alors que la voie croisée contralatérale serait sollicitée dans une action unimanuelle.

Les observations des réponses comportementales de sujets pathologiques vont dans le sens de cette asymétrie du contrôle moteur.

¹¹ Cité dans Fagard, 2001

On propose à des patients présentant une lésion cérébrale unilatérale (à droite ou à gauche) et à des patients contrôles, une tâche bimanuelle qui consiste à tracer une étoile à l'aide de deux branches mobiles à l'intérieur de guides pré-tracés pendant 5 essais. On observe que les sujets présentant une lésion cérébrale à l'hémisphère droit sont moins précis, c'est-à-dire font moins de sorties de guides, pour les 2 premiers essais, plus lents pour le 3^e essai et comparables aux sujets contrôles pour les 2 derniers essais. En revanche, lorsque la lésion concerne l'hémisphère gauche, les sujets sont plus lents et moins précis pour les 5 essais. La diminution de l'efficacité de l'apprentissage chez les sujets lésés apparaît plus importante quand la lésion est localisée à gauche. Des résultats comparables ont été obtenus avec des tâches de tapping et de placement de chevilles (Purdue Pegboard). Les observations vont dans le sens d'un hémisphère gauche prédominant pour le contrôle de la motricité volontaire pour des actions mettant en jeu les deux mains de façon continue (Wyke, 1971)¹²

D'autres observations se sont basées sur une situation de double tâche. Quand on associe une tâche de tapping bimanuel suivant un rythme imposé par un métronome, à une tâche verbale (répétition d'une comptine apprise), on observe une altération de la stabilité de la frappe. Cette modification apparaît asymétrique, mais avec une différence selon le sexe : l'interférence se manifeste plus souvent au niveau de la main gauche pour les hommes et de la main droite pour les femmes. Mais cette différence sur le sexe porterait davantage sur la façon de distribuer les fonctions pendant une double tâche chez les hommes et les femmes que sur la latéralisation hémisphérique du contrôle manuel. (Wolff & Cohen, 1980)¹³

Les études d'imagerie cérébrales confirment ce rôle prépondérant de l'hémisphère gauche dans les coordinations bimanuelles, de façon plus importante que pour les coordinations bimanuelles. (Fagard, 2001)

¹² Cité dans Fagard, 2001

¹³ Cité dans Fagard, 2001

3. Développement des coordinations bimanuelles

Les mouvements spontanés du nourrisson sont très souvent bimanuels mais de façon peu coordonnée. La première forme de geste bimanuel coordonné apparaît dans les gestes d'approche. C'est pendant la première année qu'émerge la coordination bimanuelle, avec cependant une alternance des périodes de bimanualité et d'unimanualité.

On observe d'abord une période de bilatéralité de 3/4 mois jusqu'à 5/6 mois, où les mouvements unimanuels apparaissent. A la fin de la première année, le geste d'atteinte redevient bimanuel, même si la saisie de l'objet ne nécessite pas l'utilisation des deux mains. Vers 18 mois, une fois la marche acquise, l'enfant peut à nouveau solliciter des gestes unimanuels. Cela peut sembler être une régression d'utiliser à nouveau les deux mains alors que la capacité à utiliser une seule main est acquise.

Il semblerait que des facteurs de changements se situent au niveau de la posture et des caractéristiques intrinsèques de la motricité spontanée. (Rivière, 2000)

Posture : La première période de gestes bimanuels fait suite à la disparition du réflexe tonique asymétrique du cou, avec une posture plus symétrique qui rend plus facile l'utilisation des deux mains. Elle peut aussi constituer une préparation du geste d'approche vers la bouche.

Ensuite, le retour d'une approche plutôt unimanuelle pourrait être en lien avec une meilleure maîtrise de la station assise.

Enfin, avec le développement de la marche, on voit réapparaître les approches bimanuelles autour de 12 mois. Les contraintes posturales liées à l'acquisition de la marche pourraient entraîner des désorganisations des acquisitions déjà en place, comme l'approche unimanuelle, avec la nécessité de maintenir les bras vers le haut pour maintenir l'équilibre.

Caractéristiques intrinsèques de la motricité spontanée : dans le cadre d'une approche dynamique de la motricité, le passage à une période unimanuelle correspond à un changement dans le contrôle des forces du bras qui enclenche son mouvement en second. En revanche, pour le bras déclenché en premier, principalement utilisé dans les mouvements unimanuels, la dynamique ne change pas.

En ce qui concerne la saisie d'un objet, différentes stratégies peuvent être mises en place au cours des différentes phases du geste (démarrage, approche, prise). La stratégie peut être bimanuelle tout au long du geste, c'est-à-dire les deux mains démarrent en même temps et la prise est bimanuelle. A l'inverse, la stratégie peut être uniquement unimanuelle, en utilisant une seule main à chaque phase. Enfin, plus majoritairement, les stratégies peuvent être mixtes. Le plus souvent, l'enfant utilise une seule main pour le démarrage et l'autre main intervient avant le toucher ou avant la prise, plus rarement juste au moment de la manipulation.

Il paraît important de préciser que pour que les coordinations bimanuelles puissent se développer et être efficaces, il y a des prérequis (Fagard, 2001) :

- Les habiletés visuo-manuelles : elles permettent de mettre en relation les informations concernant d'une part l'objet (position dans l'espace, taille, forme...) et d'autre part les segments corporels mis en jeu, et en particulier la main. Ce traitement des informations visuelles et proprioceptives au travers des deux voies visuelles présentées plus haut, est indispensable à une préhension et une manipulation efficaces.
- La posture : la coordination bimanuelle n'est que le dernier élément d'une succession de réorganisations corporelles. Le contrôle postural est très impliqué dans le développement de la préhension, mais aussi dans les coordinations bimanuelles où l'une des mains doit stabiliser l'objet.

4. Contraintes d'organisation du mouvement bimanuel

On peut définir les contraintes comme les « limitations inhérentes au système de contrôle moteur qui biaisent les tentatives de produire de nouveaux pattern de coordination, de façon souvent prévisible » (Swinnen, Walter Lee & Serrien, 1993)¹⁴.

Sauf à suivre un entraînement très intensif, il y a toujours une interférence spatio-temporelle entre les gestes de chaque main. Cette interférence est mise notamment en évidence par la loi de Fitts : les temps de réaction et de mouvement sont plus longs pour une action bimanuelle que pour chaque action réalisée unimanuellement.

Contraintes de symétrie

Différentes études ont mis en évidence une tendance du mouvement bimanuel à aller vers la synchronie.

Ainsi, il existe une meilleure synchronisation des gestes lorsqu'ils utilisent des muscles homologues par rapport à des muscles non homologues. La commande motrice des gestes homologues serait davantage couplée que celle des gestes non homologues. On peut faire plusieurs hypothèses pour expliquer cet écart : une influence calleuse différente ; une commande unique qui activerait les deux mains par voie ipsilatérale et controlatérale pour les mouvements en miroir ; une redondance des informations proprioceptives qui permettrait un coût moindre pour traiter l'information (Cohen, 1971)¹⁵.

Dans le cadre des théories dynamiques, les expérimentations ont également montré de meilleures performances pour les gestes en miroir : le pattern en phase (geste en miroir) est le plus facile et le pattern en antiphase bascule en phase en cas d'accélération.

Cette facilité à faire les mouvements en miroir peut cependant entraîner une certaine difficulté à réaliser des gestes purement unimanuels, notamment au travers des

¹⁴ cité dans Fagard, 2001, p.35

¹⁵ Cité dans Fagard, 2001

syncinésies (activation pour la main passive des muscles homologues à ceux impliqués dans le mouvement pour la main active), apparents dans l'enfance et mis en évidence par EMG chez l'adulte. Toutefois, cette tendance à réaliser les mouvements en miroir s'observe aussi sur des gestes faisant intervenir des membres ipsilatéraux, n'impliquant donc pas uniquement les muscles homologues.

Enfin, cette tendance à la symétrie est aussi liée au codage dans l'espace, qui apparaît plus cohérent et plus stable : les mouvements en miroir suivent la même direction sur les plans frontaux et sagittaux.

Contraintes de synchronie

Les travaux menés dans le cadre des théories des systèmes dynamiques ont montré que deux gestes discrets de pointage ont des paramètres temporels communs s'ils sont effectués simultanément : un démarrage simultané et des pics de vitesses synchronisés. Mais la synchronisation dépend de la phase du geste et du temps écoulé depuis le début du geste : elle est la plus forte au premier pic d'accélération. En condition bimanuelle, on observe plutôt le ralentissement du mouvement de la main se dirigeant vers la cible facile pour se synchroniser avec la main se dirigeant vers la cible difficile. Mais il apparaît de grandes différences interindividuelles pour le degré de synchronisation des deux mains.

Ainsi, la facilité d'apprentissage d'une coordination bimanuelle complexe va beaucoup dépendre de la relation temporelle attendue entre les gestes des deux mains.

Quand on étudie les polyrythmes en coordination bimanuelle, on observe que la stabilité de la performance décroît avec l'augmentation de la complexité des rythmes, associée à une tendance à la simplification.

Deux modèles s'opposent pour expliquer les interférences entre les mains dans des tâches répétitives : l'existence d'une horloge interne au niveau central ou la présence d'oscillateurs dynamiques. Pour apprendre des polyrythmes, il y aurait une élaboration

de deux programmes indépendants : la construction d'une structure globale où les deux rythmes s'accrochent ou une cohabitation des deux selon le niveau de rapidité (deux programmes pour un rythme lent et un seul programme pour un rythme rapide) (Krampe et al, 2000)¹⁶.

Contraintes liées à la latéralité

Un autre phénomène empêche une parfaite symétrie dans les coordinations bimanuelles : l'asymétrie du contrôle moteur manuel, qui a été détaillée plus haut.

Ainsi, on observe de légers décalages spatio-temporels entre deux gestes similaires et simultanés avec les deux mains, qui apparaissent cependant plus faibles sur les mouvements proximaux. Ces décalages peuvent s'expliquer de deux façons : une différence d'inertie entre les bras suite à une commande motrice synchrone ou le temps de transfert interhémisphérique de l'impulsion motrice. Compte tenu de l'importance du décalage, les deux phénomènes sont sûrement impliqués.

L'ampleur de l'interférence entre les deux mains est également fonction du rôle assuré par chaque main. La performance est toujours meilleure si c'est la main préférée qui assure la tâche la plus complexe. De même l'amplitude et la fréquence des syncinésies, observées sur la main préférée pour un mouvement unimanuel réalisé par la main non préférée, sont plus fortes que pour la situation inverse.

Enfin, on note aussi un lien entre l'interférence et l'asymétrie dans le niveau d'attention porté sur chaque main dans une coordination bimanuelle. Ainsi, l'importance de l'interférence est moindre quand la séquence démarre avec la main qui assure le geste le plus complexe, du fait d'une attention plus grande portée sur la tâche lancée en premier. Dans les coordinations manuelles asymétriques, c'est souvent la performance de la main non préférée qui baisse la première avec l'augmentation de la

¹⁶ Cité dans Fagard, 2001

fréquence. Au passage involontaire d'un pattern antiphase à un pattern en phase, une seule main modifie son orientation, généralement la main non préférée rejoint la phase de la main préférée. De façon générale, les sujets seraient plus attentifs à leur main préférée.

Concernant ces trois types de contraintes, il n'est pas toujours facile de les distinguer, en particulier entre les contraintes de symétrie et de synchronie. Elles interagissent toutes dans l'organisation du mouvement et ont un impact sur l'apprentissage des coordinations bimanuelles.

III. Organisation des coordinations bimanuelles et latéralité

A. Latéralité et performances dans les coordinations bimanuelles

Avoir une latéralité établie permet-il d'avoir de bonnes performances dans les coordinations bimanuelles ?

On a longtemps pensé que les gauchers étaient plus maladroits que les droitiers. Ils auraient même un risque plus grand de présenter des troubles cognitifs, comme par exemple la dyslexie. Mais les études montrent que la différence porte plus sur le degré de latéralité que sur la direction.

Dans une étude portant sur des enfants entre 2 ans et 8 ans 6 mois (Kaufman, Kaufman, & Zalma, 1978), une analyse a été faite entre les scores aux items cognitifs et moteurs de l'échelle McCarthy et le niveau d'établissement de la dominance latérale. Les enfants ont été répartis en deux groupes en fonction du nombre d'items réalisés avec chaque main : le groupe « dominance établie » quand la totalité des items sont effectués avec la même main (droite ou gauche) et le groupe « dominance non établie » quand l'enfant utilise les deux mains sur l'ensemble des activités. Les résultats montrent des différences statistiques significatives en faveur du groupe « dominance établie » sur les scores cognitifs et moteurs pour les enfants de 2 ans 6 mois à 4 ans 6 mois, alors que les différences n'étaient pas significatives pour les enfants de 5 ans à 8 ans 6 mois. Ces résultats suggèrent une plus grande habileté

manuelle chez les enfants entre 2 ans et 4 ans dont la dominance est établie, mais cette relation n'apparaît plus chez les enfants de 5 ans et plus. Cependant, avec l'échelle McCarthy, la détermination de la latéralité porte sur un petit nombre d'activités, et pour certaines peu expérimentées par les jeunes enfants.

Une autre étude (Tan, 1985) portant sur des enfants de 4 ans, avec une évaluation plus fine de la latéralité, a cependant confirmé les résultats de l'étude précédente. Les enfants dont la latéralité n'est pas encore établie obtiennent des scores significativement inférieurs sur les items de motricité. De fait, les enfants qui établissent leur latéralité de façon précoce ont des meilleures performances dans les coordinations motrices que ceux qui l'établissent plus tard ou pas du tout.

Enfin, une étude réalisée par Vaughn et Webster en 1989¹⁷ a mis en évidence de moindres performances dans les coordinations bimanuelles chez les sujets ayant une latéralité dite « contrariée ».

On trouve principalement des études sur les coordinations bimanuelles avec des actions non différenciées des deux mains, en faisant varier le paramètre temporel ou le paramètre spatial. Pour les gestes non différenciés avec des paramètres temporels différents, la performance est meilleure quand la main préférée assure le rythme le plus rapide. Pour les gestes non différenciés avec une indépendance au niveau spatial, la main préférée est en avance sur l'autre (Fagard, 2001).

On a pu voir que pour les gestes bimanuels complémentaires et différenciés, le rôle le plus actif est pris par la main préférée. Si pour la saisie simple, l'enfant ne se sert pas systématiquement de sa main préférée, pour la manipulation avec une coordination bimanuelle, l'enfant prend presque toujours sa main préférée pour jouer le rôle le plus actif : plus les rôles impliqués par la tâche sont différenciés, plus la stratégie est latéralisée (Fagard, 2001).

¹⁷ Hand Function in the Child

B. Critères de choix des mains pour une coordination bimanuelle

Pour des actions bimanuelles différenciées, chaque main a un rôle différent : une main joue un rôle plus actif, tandis que l'autre main prend davantage un rôle de support et de stabilisation. Par exemple pour peler une orange, une main tient l'orange et l'autre main enlève la peau. Généralement, c'est la main préférée qui est la plus active.

Dans la vie courante, la très grande majorité des activités manuelles sont bilatérales et le plus souvent asymétriques : couper le pain, servir un verre d'eau et même écrire, puisque la main non scripteuse tient la feuille.

Des études ont été menées sur les différents facteurs en jeu pour réaliser une coordination bimanuelle. Cependant, il est difficile d'associer les résultats des différentes études, car les méthodologies et les populations ne sont pas homogènes.

Si on étudie le lien entre les coordinations bimanuelles et la latéralité, il faut s'intéresser aux différentes étapes. En particulier, avant d'arriver à la manipulation, il faut regarder comme s'organise la saisie du ou des objets, car celle-ci fait intervenir la latéralité et peut conditionner fortement la manipulation, en particulier le rôle donné à chaque main.

Ainsi, les études sont nombreuses sur la saisie, en condition unimanuelle et bimanuelle, mais elles le sont un peu moins sur l'étape de la manipulation dans les coordinations bimanuelles.

1. Saisie

Préférence Main droite pour la saisie

Des études montrent que pour saisir un objet dans le cadre d'une coordination unimanuelle, les sujets utilisent majoritairement la main droite, et tout particulièrement pour la saisie de petits objets, qui doit être précise.

Pour les jeunes enfants (6-12 mois), sur une simple tâche sensori-motrice comme une saisie, où aucune précision n'est nécessaire, on observe davantage de stratégies

droitières que gauchères. Cependant la main droite n'est pas utilisée pour toutes les saisies et la stratégie de saisie est majoritairement inconstante jusqu'à 48 mois. Les stratégies gauchères et bimanuelles diminuent toutes les deux entre 36 et 48 mois, et par conséquent la fréquence de stratégies droitières constantes augmente. (Fagard & Lockman, 2005)

Chez les adultes aussi, on observe une préférence de la main droite pour la saisie d'objets. Dans une tâche de construction de tour avec 12 à 15 cubes en suivant un modèle auprès de sujets adultes, plus de 80% des sujets utilisent la main droite pour saisir les cubes, y compris pour certains gauchers. (Gonzalez & Goodale, 2009)

Quand les sujets doivent attraper deux cibles différentes localisées du même côté, la main gauche facilite le travail de la main droite, en accélérant pour pouvoir se synchroniser avec la main droite. La main droite joue un rôle de « leader » dans les actions bimanuelles et la main gauche se cale sur elle. (Buckingham, Binsted, & Carey, 2010)

Croisement de la ligne médiane

Le croisement de la ligne médiane consiste à placer un membre dans son espace controlatéral, croisant ainsi le plan sagittal. Cette aptitude, fortement liée à l'exploration de l'environnement, apparaît généralement vers 18 / 20 semaines.

Face aux difficultés repérées chez certains enfants présentant un Trouble d'Acquisition des Coordinations, une étude (Michell & Wood, 1999) a porté sur la capacité des enfants de 3 ans à réaliser ce croisement : un groupe d'étude avec des enfants ayant un score faible au test développemental « First Step » et un groupe contrôle. L'objectif est de déterminer si cette habileté peut être évaluée de façon standardisée et si des difficultés dans le croisement de la ligne médiane à cet âge-là pourraient être prédictives de difficultés motrices ultérieures. Cinq items ont été définis : croiser une cheville sur l'autre cheville, croiser un genou sur l'autre genou, croiser les mains sur les genoux, croiser les mains sur les épaules, croiser les mains sur les oreilles. Les résultats mettent en avant une plus grande difficulté à réaliser les mouvements avec les membres supérieurs pour les deux groupes. On observe aussi une différence marquée entre les deux groupes sur l'item « croiser les mains sur les oreilles » au

détriment du groupe d'étude, ce qui illustre le rôle du guidage visuel pour les enfants avec des difficultés motrices. En dehors de cet item, les performances s'améliorent avec l'âge pour les enfants du groupe contrôle et non pour les enfants du groupe d'étude. Pour ceux qui ont réalisé les items difficiles avec une seule main, ils ont utilisé leur main dominante puis tâtonné sur leur visage avec l'autre main. Au vu des résultats, il est fort possible qu'un échec dans le croisement de la ligne médiane entre 3 et 4 ans, en particulier sur les membres supérieurs, puisse être un signe de difficultés motrices potentielles dans le développement futur.

Le croisement de la ligne médiane a aussi été étudié dans le cadre d'une tâche d'atteinte auprès d'enfants entre 3 et 10 ans (Carlier, Doyen, & Lamard, 2006). L'habileté de croiser la ligne médiane pour saisir un objet répond à une trajectoire développementale : les enfants de 7 ans croisent plus souvent la ligne médiane que les enfants de 3 ans, avec des différences significatives pour les sujets fortement latéralisés. Mais les croisements varient en fonction de la position de la carte dans l'espace : les croisements sont plus nombreux lorsque la carte est positionnée près de la ligne médiane que lorsqu'elle en est éloignée. Quand on réalise une analyse à partir du score de latéralité, un effet « latéralité » apparaît en interaction avec le facteur « position spatiale » : le nombre moyen de croisements est plus élevé pour les droitiers que pour les gauchers, avec une différence significative seulement pour la position la plus éloignée.

Influence de la tâche, de la localisation et de la latéralité

La tendance générale à utiliser la main préférée pour une activité impliquant un objet est plus ou moins importante selon la localisation spatiale de l'objet et la complexité de la tâche (Leconte & Fagard, 2004).

Les enfants utilisent leur main préférée plus souvent quand l'objet est présenté sur la zone ipsilatérale à cette main, un peu moins dans la zone médiane et encore moins dans la zone controlatérale. La main préférée est utilisée moins systématiquement pour une simple saisie que pour une saisie suivie d'un déplacement.

Mais le degré de latéralité influence aussi l'utilisation des mains. Ainsi, l'effet « position » est plus faible pour les sujets fortement latéralisés : les enfants faiblement

latéralisés vont plus facilement changer et utiliser leur main non préférée quand l'objet est présenté au milieu ou sur le côté controlatéral (c'est-à-dire le côté ipsilatéral de la main non préférée).

Enfin, l'influence du degré de latéralité sur le choix de la main varie avec la complexité de la tâche. Pour une tâche de saisie simple, la différence entre les deux groupes (faiblement et fortement latéralisés) concerne la zone médiane et la zone controlatérale. Pour la tâche complexe de saisie avec déplacement, même les sujets faiblement latéralisés utilisent davantage leur main préférée que leur main non préférée pour la position médiane. Ainsi, plus la tâche est difficile, plus l'utilisation de la main préférée est fréquente, quel que soit le degré de latéralité. La sélection du membre est dépendante de la tâche et du contexte.

On a vu que la tendance à utiliser la main préférée, plus importante chez les sujets fortement latéralisés, est modulée par une autre tendance qui est de répondre avec la main ipsilatérale au côté où l'objet est présenté.

Un facteur visuo-attentionnel peut être évoqué pour expliquer cet effet : orienter son attention vers le champ visuel controlatéral à la main préférée pourrait impacter le choix du membre en minimisant le facteur de dominance latérale et de fait limiter la tendance à utiliser la main préférée. (Gabbard & Rabb, 2001)

La préférence manuelle peut aussi être vue comme un processus de sélection, motivé par un effort pour minimiser le coût neuronal et mécanique. Ainsi, utiliser la main préférée, davantage automatisée, pour des positions médianes minimise le processus neuronal, tandis qu'utiliser la main ipsilatérale à l'objet minimise les coûts mécaniques en comparaison avec un croisement de la ligne médiane. (Westwood, Roy, & Bryden, 2000)

2. Manipulation

Mais cette répartition des rôles « actif » / « support » dans les coordinations bimanuelles résulte-t-elle de la spécialisation de l'hémisphère gauche dans le contrôle

de la main droite pour la saisie d'objet ou d'une spécialisation de l'hémisphère droit dans le contrôle de la main gauche pour la stabilisation des objets ?

Pour préciser cette question, une étude a repris la tâche de construction de tours avec des cubes (petits et grands modèles) en faisant varier la surface de construction (libre, large, petite) auprès d'adultes droitiers (Stone, Bryant, & Gonzalez, 2013). Sur la modalité « libre », la main droite était majoritairement utilisée pour saisir les cubes, d'autant plus pour les petits modèles. Plus la main droite était utilisée pour saisir, plus la main gauche était utilisée pour maintenir la construction. Mais la main droite saisit-elle davantage les cubes parce que la main gauche est occupée à maintenir la construction, ou la spécialisation hémisphérique explique-t-elle la dominance de la main droite pour l'action de saisie ?

En introduisant un plateau (type planche de Lego) pour poser la construction, c'est-à-dire la modalité « large », on limite la nécessité de la maintenir avec une main. On observe que le plateau n'a pas d'effet sur la dominance de la main droite pour prendre les grands cubes, mais que celle-ci diminue pour les petits cubes. On observe surtout que l'utilisation de la main gauche pour maintenir la construction a nettement diminué et qu'en parallèle la saisie par la main gauche a augmenté : ceci va dans le sens d'une répartition des rôles entre les mains plutôt qu'une spécialisation d'un hémisphère pour un type d'action (saisir / stabiliser). Cependant le plateau a entraîné une séparation de l'espace de travail et une baisse du croisement de la ligne médiane pour la saisie avec la main droite.

Avec un plateau plus petit, on retrouve pour les droitiers la proportion d'utilisation de la main droite et le nombre de croisements observés en condition libre. Mais surtout, cette expérience montre qu'une utilisation importante de la main droite pour la saisie n'est pas associée à une forte utilisation de la main gauche pour stabiliser la construction. Ainsi, l'utilisation de la main droite est dominante pour la saisie, même s'il y a peu de besoin de maintenir la construction. Donc la préférence de la main droite pour saisir est indépendante du rôle joué par la main gauche et semble liée à la spécialisation de l'hémisphère gauche pour des actions guidées visuellement.

Compte tenu de ces éléments, pour une saisie suivie d'une manipulation, l'objet serait saisi avec la main droite, puis transféré à la main gauche pour être soutenu (par exemple pour peler une orange). Mais dans la vie réelle, il a pu être observé que les

droitiers utilisent leur main gauche pour prendre un objet (par exemple ouvrir le tiroir avec main gauche et prendre le petit objet avec main droite). Alors, peut-être que les tâches de construction d'une tour et d'ouverture d'un tiroir diffèrent sur le rôle de la main gauche : pour le tiroir, la main gauche sert à ouvrir le tiroir et ensuite à le maintenir ouvert ; pour la construction de la tour, le plateau sert déjà de support pour le premier cube. Si une tour déjà construite devait être prise avec une main pendant que l'autre main pose un dernier cube, les participants utiliseraient probablement leur main gauche pour prendre la tour.

Le rôle de la main gauche porte plutôt sur la stabilisation des objets. Mais quand l'objet est déjà stabilisé par le plateau, la main gauche est donc moins utilisée pour stabiliser, sans pour autant être plus active dans la saisie. On observe alors deux types de comportement pour la main gauche : rester en suspens et se reposer.

Le fait de rester en suspens ou de virevolter autour de la construction sans la toucher est observé chez tous les sujets, pour le grand et le petit plateau. Donc, même s'il n'y a pas besoin de soutien, la main gauche ne peut se détacher de son rôle de support. Mais même si la main gauche n'a été utilisée pour le soutien que dans 11,5% des cas, ce fut corrélé avec l'utilisation de la main droite pour saisir. Les mains continuent donc à travailler ensemble pour atteindre l'objectif.

Pour les situations où la main gauche est au repos, on peut proposer plusieurs interprétations. La main gauche pourrait ainsi être en attente, afin d'aider la main droite si besoin (un tiers des saisies initiales se font avec la main droite, mais dès que la pièce est posée, la main gauche intervient pour tenir la tour). Le repos de la main gauche pourrait aussi être un support postural. Enfin, la main gauche pourrait constituer une référence ou un repère dans l'espace pour la main droite.

L'hémisphère droit (contrôle de la main gauche) pourrait donc être spécialisé dans les processus spatiaux. Si la tâche avait des caractéristiques spatiales fortes, peut-être que la main gauche serait plus sollicitée.

En conclusion de cette étude, on observe une préférence de la main droite pour saisir et une préférence de la main gauche pour stabiliser, mais ces rôles sont indépendants et non corrélés. La préférence de la main droite pour saisir se retrouve dans toutes les

conditions, même pour certains gauchers, ce qui va dans le sens d'une spécialisation de l'hémisphère gauche pour la saisie sous contrôle visuel.

C. Améliorer les coordinations bimanuelles en les approchant par la latéralité

On a vu que le degré de latéralité était un critère important dans le choix de la main et donc dans l'organisation du geste, en particulier pour les coordinations complexes.

On a aussi vu que les enfants avec une latéralité établie avaient de meilleures performances dans les coordinations et que des coordinations bimanuelles efficaces s'appuient sur une main dominante. Il pourrait donc être intéressant de travailler sur la spécialisation d'une main en vue d'améliorer les coordinations bimanuelles. Le positionnement quasi automatique de la main dominante dans le rôle actif et l'absence de changements de main pendant la manipulation sont des facteurs positifs pour une mise en œuvre efficace des coordinations bimanuelles de façon généralisée.

Les enfants suivis en CAMSP ont moins de 6 ans et pour certains leur latéralité n'est pas encore établie. On sait que le passage à l'écriture est une étape qui contribue à fixer la latéralité. Or les enfants de moyenne section ont accédé au graphisme au travers du dessin mais ont encore peu d'activités en lien avec l'écriture, en-dehors d'écrire leur prénom.

Enfin, on a vu que le choix de la configuration des mains était très fortement lié à la tâche et au contexte, peut-être plus qu'à une latéralité intrinsèque. Il faut donc multiplier les situations pour qu'une main se spécialise.

Alors comment organiser une prise en charge autour de la latéralité dans ce contexte ?

On aurait pu choisir un apprentissage déclaratif, avec une réflexion portée par l'enfant sur la meilleure stratégie et la configuration la plus efficace, à travers la métacognition. Mais d'une part, à 5 ans l'enfant n'est pas encore capable de mener vraiment cette réflexion. D'autre part, on ne cherche pas à induire ou installer une latéralité qu'on

aurait choisie (en proposant une pratique massive) ni à apprendre des coordinations spécifiques, qu'on décomposerait en différentes étapes pour les apprendre.

On veut aider l'enfant à établir au mieux sa latéralité, en la percevant au travers de l'expérimentation et sans explication, pour améliorer ses habiletés manuelles, en particulier dans les coordinations bimanuelles. Notre étude se situe donc dans le domaine des apprentissages procéduraux implicites.

L'apprentissage procédural permet d'acquérir des habiletés motrices et perceptives en se basant sur l'expérience. Les capacités d'apprentissage procédural apparaissent de façon très précoce et ne semblent pas suivre une trajectoire développementale (Vinter & Perruchet, 2000). Cet apprentissage procédural n'est pas nécessairement accessible à la conscience, c'est-à-dire que l'enfant améliore sa performance sans réaliser qu'il est en train d'apprendre. Des événements peuvent cependant constituer des marqueurs d'apparition d'une latéralité mieux établie pour l'observateur : croiser la ligne médiane, changer de main juste avant ou pendant la manipulation.

Il s'agit pour l'enfant d'expérimenter différentes situations afin de percevoir quelle est la main la plus efficace dans une manipulation impliquant les deux mains et pour laquelle les rôles sont différenciés, c'est-à-dire une main active et une main en support. Plus on pratique ce type de coordinations, plus on a d'expérience. Plus on expérimente, plus on ressent la spécialisation et plus celle-ci s'installe et se renforce.

Mais pour accompagner l'enfant dans la découverte de sa main préférée, c'est-à-dire la plus performante, l'idée est de lui proposer de réaliser des activités bimanuelles différenciées dans les deux configurations : l'enfant va d'abord expérimenter l'activité avec la configuration des mains qui lui vient spontanément, puis on lui présente les objets de façon à qu'il réalise la manipulation dans l'ordre inverse. Le fait de lui proposer la coordination en changeant la main active et la main support, va l'amener à percevoir, de façon implicite, une différence dans la fluidité, dans l'efficacité et dans la précision et donc à modifier cette configuration en changeant les objets de main ou non, pour tendre vers la configuration qui lui convient le mieux.

Enfin, tout en restant dans un cadre très ludique, les activités proposées sont assez simples pour que l'objectif de la manipulation puisse être accessible sans explication ou très peu. Ainsi, notre analyse porte surtout sur le choix des mains et non sur l'organisation de la prise en fonction du but à atteindre.

PARTIE PRATIQUE

I. Objectif de la prise en charge en psychomotricité

L'objectif de cette étude est donc de proposer à des enfants de 4 / 5 ans une prise en charge visant à améliorer leurs coordinations bimanuelles, en les accompagnant dans la spécialisation de leur main dominante. Il ne s'agit pas d'imposer une latéralité ou d'accélérer le processus de latéralisation, mais de leur proposer des situations qui leur permettront d'expérimenter les rôles différenciés des mains dans les coordinations bimanuelles.

Au regard des éléments théoriques, il est intéressant de regarder les croisements de la ligne et les changements de main, en faisant varier les positions et le niveau de complexité, mais également de suivre le degré de latéralité.

Pour mesurer l'impact de notre prise en charge, nous allons donc d'une part évaluer si le niveau de latéralisation a évolué et d'autre part si les coordinations bimanuelles se sont améliorées.

Durant mon stage, j'ai pu suivre et réaliser la prise en charge auprès de 2 groupes de 3 enfants en Moyenne Section de Maternelle, ayant des difficultés en motricité fine et globale. Les objectifs pour ces groupes sont doubles :

- Permettre une meilleure confiance en soi et favoriser la motivation à travers la dimension du groupe
- Accompagner les apprentissages de Moyenne Section au niveau psychomoteur (coordination globale et fine, graphisme)

Le projet thérapeutique porte sur les motricités fine et globale.

Motricité fine

- Déliement digital : chanson des doigts, gommettes, bisous des doigts, marionnettes à doigts, peinture à doigts, marche des doigts, imitation du mouvement des mains

- Motricité fine : abeilles, clous, pinces à linge, perles, laçage, course de boutons, boulons, bonhomme à vis, picots, pâte à modeler, découpage
- Graphisme : Technique Graphique d'Extension, relier des points, chemins, coloriage, dessins et lettres
- Activités manuelles créatives : découper, coller, meccano, puzzles, construction clippo

Motricité globale

- Jeux de balles : échanges pieds /mains, visée
- Parcours : équilibre / coordination / sauts
- Twister, Jungle Jump (déplacement animaux)

J'ai donc proposé les mêmes exercices aux 6 enfants, qui présentaient cependant des profils un peu différents.

II. Evaluation initiale

En parallèle de l'évaluation des coordinations bimanuelles, j'ai construit une évaluation du « degré de latéralisation », qui sert de support au test initial et au retest après la prise en charge. Il ne s'agissait pas d'acquérir une coordination, mais de voir comment évolue ce degré de latéralisation avec la prise en charge. C'est pourquoi j'ai choisi une mesure par test / retest plutôt qu'une ligne de base. Ce choix tient aussi à l'âge des enfants qui « impose » de proposer à chaque fois des exercices différents.

Cette évaluation initiale du « degré de latéralité » s'articule donc en plusieurs temps : une situation de « dinette » et les pantomimes pour la latéralité et les épreuves de dextérité manuelle du M-ABC pour les coordinations manuelles.

Chaque enfant est vu individuellement dans une salle isolée, sur le temps de la prise en charge en groupe. L'épreuve est filmée pour pouvoir se concentrer sur l'interaction avec l'enfant et le maintenir dans l'activité, et aussi analyser les situations a posteriori, de façon fine et détaillée.

Avant de débiter l'évaluation, les enfants avaient eu l'occasion de me côtoyer pendant plusieurs semaines dans le cadre de la prise en charge. Ainsi, en-dehors du fait d'être en individuel, ces situations de passation se sont tout à fait inscrites dans la continuité de ce qui était proposé en prise en charge.

A. Situation de dinette

L'enfant est assis en face de moi autour d'une petite table et je lui annonce qu'on va jouer à la dinette. L'intérêt de la dinette est qu'il permet de s'appuyer sur des gestes connus de l'enfant, pour lesquels la manipulation a un sens. Ainsi, la fonction de l'objet peut constituer un indice sur l'organisation des mains à mettre en place.

On fait évoluer la présentation géographique des différents éléments dans l'espace proche, pour voir quelle main est choisie pour réaliser l'action et quelle main a la fonction de support. Cela permettra aussi d'étudier le nombre de changements de main et le nombre de croisements de lignes médianes.

L'objectif n'est pas d'évaluer la prise utilisée en fonction de l'objet, mais bien le choix des mains en fonction de la manipulation à réaliser et en fonction de la présentation géographique dans l'espace en face de lui. (Voir Annexe 1)

- La première séquence consiste à lui présenter l'assiette : cela permet de voir quelle main il utilise pour prendre un objet en unimanuel
- La deuxième séquence consiste à lui présenter un couteau et à mettre un boudin de pâte à modeler dans l'assiette. La situation indique qu'il va falloir couper et on veut voir quelle main l'enfant choisit pour prendre et manipuler le couteau.
- La troisième séquence consiste à lui présenter un bol et une cuillère. La situation indique qu'il faut faire semblant de manger avec la cuillère en tenant le bol.
- La quatrième séquence consiste à lui présenter une petite bouteille d'eau fermée (mais avec le bouchon dévissé au préalable) et un verre. La situation

indique qu'il faut verser de l'eau dans le verre. On peut distinguer deux actions dans cette séquence : dévisser le bouchon et verser l'eau dans le verre.

Si l'enfant ne réagit pas trop à la situation, on peut lui expliquer verbalement.

Dans un premier temps, les objets sont présentés au milieu, face à lui, pour voir quel rôle il donne à chaque main sans incitation par la localisation des objets. Puis on présente les objets de façon « latéralisés », à savoir l'assiette à droite et à gauche, le couteau à droite et à gauche, le bol et la cuillère de chaque côté, la bouteille et le verre de chaque côté.

Pour chaque situation, on identifie la main active et la main support, le nombre de changements de main pendant la manipulation et le nombre de croisements de la ligne médiane pour prendre les éléments.

Etant donné leur jeune âge, ce n'était pas toujours facile de rester dans une configuration standardisée. En effet, les enfants entre dans le jeu et ne veulent pas toujours suivre le déroulement ou peuvent rechigner à faire la séquence trois fois de suite sans en percevoir l'intérêt.

B. Pantomimes

A l'image des questionnaires de latéralité classiques, j'ai sélectionné 6 actions à réaliser en réel ou en imitation. Cette épreuve donne une mesure de la préférence manuelle, avec une appréciation du degré de latéralisation en fonction du nombre d'actions réalisées avec chacune des mains.

- Faire semblant de taper avec un marteau
- Faire semblant de se brosser les dents
- Faire semblant de se coiffer
- Faire semblant de lancer une balle
- Faire semblant de dessiner
- Pointer l'image accrochée en face de lui

C. Dextérité manuelle (M-ABC)

Les items du domaine « Dextérité manuelle » du M-ABC ont été utilisés pour une mesure objective des capacités motrices manuelles.

Tâche bimanuelle : Enfiler 6 cubes « perles » (4 ans) ou 12 cubes « perles » (5 ans) sur un lacet le plus rapidement possible. Elle permet d'évaluer les capacités de l'enfant en termes de coordinations bimanuelles.

Tâche unimanuelle : Placer 12 jetons dans la boîte le plus vite possible (chaque main) Cette épreuve permet d'évaluer les capacités en termes de coordination unimanuelle, d'une part pour voir si ces capacités sont homogènes avec celles des coordinations bimanuelles, et d'autre part pour déterminer la main la plus performante.

Tâche graphique : Tracer le trajet dans un chemin.

Bien que notre étude ne porte pas du tout sur le graphisme, cette épreuve nous permet de voir si d'autres domaines de la motricité manuelle ont évolué pendant la période de la prise en charge.

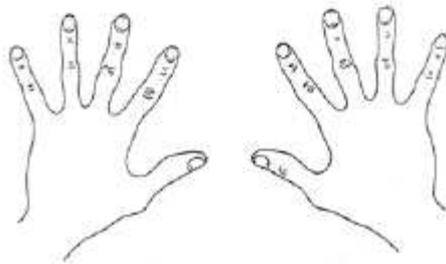
III. Programme de prise en charge

Le programme de prise en charge consiste à proposer à chaque séance deux activités basées sur des coordinations bimanuelles avec un rôle des mains différencié.

A. Organisation des séances

Ces activités durent chacune 7 à 8 minutes et s'insèrent dans le programme global de prise en charge.

La séquence est matérialisée par un pictogramme représentant 2 mains.



Je présente l'activité aux enfants et je les laisse manipuler de façon spontanée. Les enfants font tous les trois l'activité en même temps. Au bout de quelques minutes, si l'enfant a réalisé le geste toujours dans la même configuration des mains, je lui propose d'essayer en changeant la configuration, par exemple en plaçant l'objet dans l'autre main. Cela doit permettre à l'enfant d'expérimenter la manipulation en changeant le rôle des mains et de faire une « comparaison » de façon implicite.

Cette séquence de la séance est filmée, comme les évaluations, pour pouvoir analyser les manipulations avec précision, à l'aide d'une grille d'observations.

Compte tenu des absences et d'un programme de prise en charge décalé dans le temps, les enfants de chaque groupe n'ont pas réalisé tous les exercices.

B. Présentation des activités

Les activités sont choisies parce qu'elles sollicitent un rôle différent pour chaque main : une main active qui manipule et une main plus passive qui a une fonction de support.

(Voir Annexe 2)

	Description	Main active	Main support
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le lacet	Tenir la planche
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le fil	Tenir le carton
Fourmi en pâte à modeler	Piquer des morceaux de paille ou des allumettes sur un boudin de pâte à modeler	Piquer les pattes	Tenir le boudin
Tête à pâtes	Piquer des pâtes sur une boule de pâte à modeler enfoncée sur un bâton	Piquer les pâtes	Tenir le bâton
Cartes 1	Avec un paquet de 3 cartes (type Memory) tenues à l'envers dans une main, placer les cartes les unes à côté des autres sur la table et les retourner pour voir s'il y a une paire	Poser la carte	Tenir le paquet
Cartes 2	Avec un paquet de 3 cartes (type Memory) tenues à l'envers dans une main, placer chaque carte sur son homologue posé sur la table.	Poser la carte	Tenir le paquet
Chenilles	Enrouler la chenille autour d'un stylo pour faire un «serpentin»	Enrouler la chenille	Tenir le stylo
Pince à linge	Accrocher des petites pinces à linge autour d'un cœur en carton	Accrocher la pince à linge	Tenir le cœur
Vis et boulon	Visser et dévisser le boulon autour de la vis (meccano)	Visser le boulon / la vis	Tenir la vis / le boulon
Maracas	Remplir un cône avec des pâtes par un petit trou sur la partie large	Mettre la pâte dans le trou	Tenir le cône
Papier déchiré	Déchirer des morceaux de papier	Tirer le papier	Tenir le papier

Ainsi, pour chaque activité il y a une fonction de support et une fonction de manipulation, qui doivent amener à attribuer des rôles différenciés mais complémentaires aux deux mains.

Ces activités sont de niveaux de complexité différents, mais il n'y a pas spécifiquement de progressivité dans l'ordre auquel elles ont été proposées aux enfants. Les objets

manipulés sont de taille variable, mais ils font plutôt appel à la motricité fine et à la précision.

L'objectif est de proposer des activités diversifiées pour expérimenter beaucoup de situations différentes, mais il m'a semblé intéressant de reprendre quelques activités au cours de la prise en charge (lancer la planche, poser les cartes)

De plus les activités ont été construites pour ne pas offrir trop de possibilités d'exploration. On a vu dans la partie théorique que cela amenait des stratégies manuelles variées, alors qu'on cherche à faire émerger la latéralité.

IV. Présentation des enfants et des résultats

J'ai choisi de présenter les résultats concernant deux enfants, que j'ai sélectionnés du fait des scores très dégradés à l'item « motricité bimanuelle » du M-ABC (« Cubes »).

A. Enzo

1. Profil psychomoteur

Enzo a [REDACTED] et il est scolarisé en Moyenne Section de Maternelle. Il a été adressé au CAMSP à l'âge de 19 mois pour des difficultés motrices et une absence d'acquisition de la marche (acquise à 30 mois). Il présente une hyperlaxité importante. Il présente également un retard de parole et de langage pour lequel il bénéficie d'un suivi bihebdomadaire en orthophonie. Le versant expressif est altéré (organisation syntaxique de la phrase) et la compréhension est dans la norme. Cependant le tableau d'hypotonie globale se retrouve au niveau labiojugal, qui entrave la production correcte des sons.

Au niveau scolaire, il ne présente pas de problème d'apprentissage. Cependant, il exprime régulièrement beaucoup de désarroi face à des activités de motricité fine et des troubles du langage persistent. L'équipe éducative conclut à la nécessité d'une AVSM pour l'assister dans les activités de graphisme.

Pour répondre aux manifestations d'angoisse, une prise en charge hebdomadaire avec la psychologue a été proposée pour Enzo.

En psychomotricité, Enzo est suivi d'abord dans le groupe Psychomotricité et Orthophonie, puis dans le groupe Petite Section et actuellement dans le groupe Moyenne Section. Le dernier bilan avant cette étude a été réalisé à 4 ans 4 mois.

Développement psychomoteur

Tonus

Au niveau des diadococinésies, la main droite imite un peu quand la main gauche agit, tandis que la main gauche n'imité pas quand la main droite agit.

Imitation de positions de mains NEPSY NS = 7

Il imite 3 positions pour chaque main. Il exprime clairement que c'est difficile mais essaye quand même.

Dextérité manuelle (M- ABC) Score de dégradation = 12 (<< 5°centile)

« Jetons » (Note de dégradation = 5)

Cette épreuve est coûteuse pour lui, avec des prises fines mais lentes des jetons. Il essaye d'ajuster la boîte près des jetons pour faciliter la tâche. Le regard n'est pas toujours coordonné.

« Cubes » (Note de dégradation = 3)

Le 2° essai est plus rapide que le 1°. Le fil est tenu par la main droite au 1° essai et par la main gauche au 2° essai. Il présente de bonnes pinces mais elles sont lentes. Enzo manque parfois le trou avec l'extrémité du lacet.

« Trajet de la bicyclette » (Note de dégradation = 4)

Le trajet est globalement suivi mais avec peu de précision.

Maîtrise de balles M-ABC Score de dégradation = 5 (entre 5° et 15° centile)

« *Attraper le sac lesté* » (Note de dégradation = 5)

Les bras et mains sont écartés, avec les doigts tendus à l'approche du sac, sans préparation à l'impact en termes d'ajustement à la hauteur, à la direction ou à la force du lancer.

« *Visée dans le but* » (Note de dégradation = 0)

Il change de main pour le lancer au cours de l'essai, mais il semble avoir plus de force à gauche.

Equilibre/Coordinations M-ABC Score de dégradation = 6,5 (entre 5° et 15° centile)

« *Equilibre statique* » (Note de dégradation = 0,5)

L'équilibre unipodal est de bonne qualité, meilleur sur le pied droit que le pied gauche

« *Saut au-dessus de la corde* » (Note de dégradation = 5)

Il est très angoissé par cette épreuve et il ne pourra qu'enjamber la corde.

« *Marche sur la ligne sur la pointe des pieds* » (Note de dégradation = 1)

Au 1° essai, il a besoin qu'on lui tienne la main, au 2° essai il lui est difficile de rester sur la pointe des pieds, au 3° essai il reste plus facilement sur la pointe et accélère le pas pour maintenir l'équilibre.

Charlop-Atwell Non cotable

Enzo refuse la plupart des épreuves en disant qu'il ne va pas y arriver. Avec beaucoup d'encouragements, il finit par faire le saut demi-tour (il ne saute pas exactement à 180°, mais se réceptionne bien au sol avec les deux pieds) et le tournoiement (il peut tourner sur lui-même sans pouvoir avancer).

Graphomotricité

Le crayon est tenu à 4 doigts, à droite la plupart du temps. Le poignet est souvent en suspension.

Coordinations visuo-motrices FROSTIG Score = - 0,7DS

Enzo suit bien les trajets lorsqu'ils sont rectilignes et larges, mais il manque de précision pour les changements de direction. On observe des petits tremblements à l'approche du feutre sur la feuille.

Précision visuo-motrice NEPSY NS = 4

(Vitesse > norme attendue - Précision < norme attendue)

Enzo suit globalement les trajets avec un bon suivi visuel, mais il va beaucoup trop vite pour être précis.

Perception visuelle

Discrimination figure / fond FROSTIG Score = - 0,8 DS

Il voit bien les formes à retrouver mais a besoin d'être rassuré pour les repasser. Il est gêné pour la précision du geste graphique.

Traitements visuo-spatiaux

Cubes NEPSY NS = 10

Il reproduit les structures présentées en réel (tours, trains, escalier) et la 1ère structure présentée en 2D.

Copie de figures NEPSY NS = 9

Enzo exprimera très vite son manque de confiance, mais avec des encouragements, il parvient à produire plusieurs des figures attendues à 4 ans (traits, rond, carré...), avec tout de même un trait tremblant.

Attention soutenue

Thomas score = + 0,2 DS

Enzo comprend très bien la consigne, mais a également besoin d'être accompagné pour rester sur la tâche. Il veut arrêter à 3 min, mais avec des encouragements, il termine l'épreuve. Il procède par picorage et fait quelques additions.

Conclusion : Enzo présente des difficultés essentiellement au niveau moteur. Il affiche un score global de 23,5 au M-ABC, soit nettement inférieur au 5° centile. Au niveau de la motricité globale, l'hypotonie et hyperlaxité freinent ses apprentissages moteurs. Pour la motricité fine, les prises sont fines mais d'une grande lenteur. Concernant la graphomotricité, il a des difficultés dans la tenue du crayon, avec des changements de main et un manque de précision au profit de la vitesse. Enzo présente par ailleurs de bonnes compétences au niveau perceptif, attentionnel et de l'organisation spatiale.

Il présente aussi un grand manque de confiance en lui, une conscience de ses difficultés exprimée verbalement, mais reste très volontaire et a le souci de réussir. Le score M-ABC indique une suspicion de TAC, mais qui doit être pondérée par hyperlaxité et difficultés psycho-affectives (beaucoup d'épreuves où il faut l'encourager)

Pendant la prise en charge, Enzo a évolué : s'il a pu parfois être un peu opposant ou avoir des difficultés au démarrage de la séance, il semble s'être posé et apparaît plus serein sur les dernières séances (suivi psychologique).

Au cours des différentes activités, j'ai pu observer qu'Enzo changeait souvent de main pendant les activités, comme par exemple visser les éléments du meccano, coller des gommettes, colorier ou peindre.

2. Analyse clinique

Enzo a participé à 6 séances.

On observe beaucoup de changements de main pendant la manipulation. Ainsi, pour piquer les pâtes sur la boule de pâte à modeler posée sur un bâton, Enzo change constamment de main et la pression qu'il exerce fait régulièrement tourner ou tomber la boule. De la même façon, pour remplir le cône avec des pâtes, il change très souvent de main (environ une dizaine de fois), parfois suite à une interruption de l'action (comme secouer le cône pour faire du bruit).

Les changements de mains au cours des exercices sont parfois induits par des éléments extérieurs à la manipulation : il a pris l'objet sur la table avec la main la plus proche ou il a voulu nous montrer le résultat et il enchaîne la manipulation selon la configuration à ce moment-là. On observe aussi que lors du changement « imposé » de configuration, Enzo n'opère pas forcément de changements des mains.

On peut cependant voir des évolutions pendant une même activité : pour enrouler la chenille autour du stylo, Enzo utilise d'abord la main droite comme support et la main gauche pour l'action pendant 3 essais, puis après lui avoir proposé la configuration

inverse, tenir le stylo avec la main gauche et enrouler avec la main droite, il la garde pour les 3 essais suivants.

On a pu voir aussi une évolution lors de l'activité avec les cartes (séance 2 et séance 5). Pendant la première séance, il a fait beaucoup de changements de mains après la saisie (3 fois sur 4) et pas dans le même sens à chaque fois, puis pendant la manipulation. En revanche, lors de la deuxième séance, l'organisation du geste était plus stable : il a pris spontanément les cartes avec la main droite et il les a gardées dans cette main pour les poser avec la main gauche ; quand les cartes lui ont été proposées à gauche, il les a prises avec la main gauche, les a passées dans la main droite pour les poser avec la main gauche.

De la même façon, Enzo a évolué sur le laçage de planche (séance 1 et séance 6). A la première séance, Enzo a mis en place une stratégie : pour enfiler le lacet sur la planche à trous, il alterne les mains en opérant toujours de la même façon, c'est-à-dire qu'il enfiler le lacet avec une main en tenant la planche avec l'autre, puis il bloque la planche pour pouvoir récupérer le fil de l'autre côté et ensuite il tire le fil avec la main qui tenait initialement la planche. De fait, chaque main est alternativement active puis support. A la deuxième séance de laçage, Enzo a démarré l'activité avec cette même stratégie, mais de façon un peu plus fluide, puis sur la fin, il a pu se stabiliser dans une configuration sur deux actions successives : enfiler avec la main gauche et tenir la planche avec la main droite. Il utilise la même stratégie d'alternance pour enrouler le fil autour du rond (enfiler avec une main et tirer le fil avec l'autre main) lors de la séance 5.

De façon générale, pendant les exercices, Enzo semble utiliser plutôt sa main gauche de façon active et sa main droite comme support, mais cela n'est pas très stable au sein d'une activité et dépend du type d'activité.

Pour la majorité des activités, les nombreux changements font qu'il est difficile de déterminer quelle main a été plus active : assembler des morceaux de pâte à modeler, lacer la planche, piquer des pâtes sur une boule de pâte à modeler plantée sur un bâton, remplir le cône de pâtes.

	Description	Main active	Main suppo
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le lacet	Tenir la planche
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le fil	Tenir le carton

Activités non stables
Fourmi pâte à modeler
Lacer la planche (1 ^{ère} séance)
Poser les cartes (1 ^{ère} séance)
Enrouler les chenilles
Piquer les pâtes sur la tête à pâte
Enfiler le fil autour du rond creux
Remplir le cône avec les pâtes

On peut dire d'Enzo qu'il expérimente encore beaucoup les coordinations avec des changements de mains en cours de manipulation, qu'il peut être très influencé par la présentation des objets. Mais dans l'ensemble, c'est la main gauche qui est majoritairement active et la main droite support.

3. Comparaison avant / après prise en charge

Pantomimes

	Description	Main active
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le lacet
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le fil
Fourmi en pâte à modeler	Piquer des morceaux de paille ou des allumettes sur un boudin de pâte à modeler	Piquer les pattes
Tête à pâtes	Piquer des pâtes sur une boule de pâte à modeler enfoncée sur un	Piquer les pâtes

On peut observer des modifications dans les réponses apportées par Enzo, qui amènent à une latéralité de préférence totalement à droite lors de la deuxième évaluation. Ainsi, il a changé de main pour l'item « faire semblant d'utiliser un marteau », il a pu répondre à l'item « faire semblant de se brosser les dents » et il a affiné le geste pour l'item « faire semblant de se coiffer ».

Situation de dinette

	Description	Main active	Main s
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le lacet	Tenir la planche
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le fil	Tenir le carton
Fourmi en pâte à modeler	Piquer des morceaux de paille ou des allumettes sur un boudin de pâte	Piquer les pattes	Tenir le boudin

Lors du test, on a pu observer 2 croisements de ligne, une fois pour une saisie unimanuelle du couteau et une fois pour saisir la bouteille à 2 mains. Il faut préciser qu'Enzo a réalisé un autre croisement pour attraper l'assiette, mais comme il se tenait la tête avec l'autre main, on ne l'a pas repris dans l'analyse. Lors du retest, il a effectué un seul croisement pour attraper le bol : cependant, après avoir attrapé le bol avec la main gauche, il l'a lâché pour ensuite attraper aussi la cuillère avec la main gauche. Ce croisement ne semble donc pas répondre à une anticipation pour la manipulation à venir.

Enzo a réalisé beaucoup de changements de main. On peut noter qu'entre les deux évaluations, le nombre de changements a progressé, avec une augmentation des changements après la saisie et une baisse des changements pendant la manipulation. Cependant, ces changements n'ont abouti à l'homogénéité de la configuration que pour l'activité de verser l'eau dans le verre. Pour les autres, si on regarde la configuration finale après les changements pour les trois essais, elle reste hétérogène.

On peut noter aussi que tant pour le test que le retest, Enzo a fait un double changement : après la saisie et pendant la manipulation, ce qui le ramène à la configuration au moment de la saisie. Mais ce double changement n'a pas porté sur la même activité entre les deux évaluations.

Dextérité manuelle

	Description	Mai
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le
Fourmi en pâte à modeler	Piquer des morceaux de paille ou des allumettes sur un boudin de pâte à modeler	Piquer le
Tête à pâtes	Piquer des pâtes sur une boule de pâte à modeler enfoncée sur un bâton	Piquer le
Cartes 1	Avec un paquet de 3 cartes (type Memory) tenues à l'envers dans une main, placer les cartes les unes à côté des autres sur la table et les retourner pour voir s'il y a une paire	Poser la

Sur la coordination bimanuelle, on passe de 6 cubes à enfiler pour la tranche de 4 ans à 12 cubes pour la tranche des 5 ans : Enzo a légèrement amélioré sa vitesse d'exécution, mais pas de façon significative. Alors qu'au bilan des 4 ans il avait changé de stratégie entre les deux essais, au bilan des 5 ans il a commencé les 2 essais avec le fil dans la MD et le cube dans la MG. Sur les 2 essais, il a principalement alterné entre les mains pour enfiler et tenir le cube : une fois le fil tiré, il le garde dans la main pour l'enfiler dans le prochain cube, le tire avec l'autre main et ainsi de suite. Sur un des essais, il a pu enchaîner 3 cubes avec la MD qui enfile et la MG qui tient le fil, en reprenant celui-ci avec la MD une fois que la MG l'avait tiré.

Son hyperlaxité perturbe sa motricité, car Enzo est plus en difficulté pour prendre efficacement le fil que pour coordonner les gestes pour enfiler les cubes (il tient le fil trop loin de l'embout, il lâche le fil, il ne tient pas assez fermement le fil pour le faire rentrer dans le trou, il est obligé de réajuster sa prise après avoir tiré le fil). Son regard n'est pas toujours bien coordonné. Son efficacité est aussi fonction de sa motivation à faire l'activité (il peut perdre du temps à compter les cubes enfilés, à dire qu'il veut voir sa maman, à s'assurer que les cubes ne peuvent pas sortir du fil...)

Sur les coordinations unimanuelles, Enzo a amélioré son efficacité pour les deux mains en réduisant le temps d'exécution. On observe aussi que la performance est nettement meilleure pour sa main gauche en termes de temps de réalisation.

Il a nettement progressé sur la graphomotricité.

4. Synthèse

Pour Enzo, la préférence manuelle semble bien établie à droite, au regard de ses réponses dans les pantomimes.

Au niveau de la performance manuelle, la latéralisation ne semble pas encore bien établie. Les résultats à l'épreuve unimanuelle du M-ABC sont en faveur de la main gauche. Dans l'épreuve de la dinette, on observe des modifications du comportement entre les deux évaluations, mais ces évolutions ne traduisent pas une homogénéisation des stratégies. Enzo semble encore au stade de l'expérimentation entre les 2 mains. Son hyperlaxité peut le gêner dans sa motricité, mais peut-être aussi dans sa perception du geste le plus efficace.

B. Leo

1. Profil psychomoteur

Léo a 5 ans 2 mois et il est scolarisé en Moyenne Section de Maternelle. Il a été adressé au CAMSP à l'âge [REDACTED] pour retard de développement. Il est d'abord suivi dans un groupe « [REDACTED] », mais suite à un bilan orthophonique, il n'a pas été relevé de difficultés particulières. Léo a ensuite participé au groupe [REDACTED].

Compte tenu des difficultés éducatives, un suivi parent / enfant a été mis en place au début de la prise en charge. Par ailleurs, un placement provisoire en famille d'accueil a été décidé il y a quelques mois. Son insécurité affective le freine dans son développement.

Au niveau scolaire, l'équipe éducative a mis en avant les progrès de Léo, notamment au niveau de son attention et de son entrée dans les apprentissages. Pour l'accompagner, [REDACTED]

Le dernier bilan avant cette étude a été réalisé à 4 ans 3 mois.

Développement psychomoteur

Imitation de positions de mains NEPSY NS = 8

Léo peut imiter 5 positions de la main droite et 2 positions de la main gauche.

Dextérité manuelle M-ABC Score de dégradation = 12 (<< 5°C)

« *Jetons* » (Note de dégradation = 5 - MD = 5 ; MG = 5)

Léo est très maladroit et très lent des deux mains. Il utilise une force excessive lors de l'insertion des jetons. Il est démobilisé pendant cette épreuve : parle beaucoup, veut savoir ce qu'on va faire après, distrait par tout ce qu'il y a dans la salle.

« *Cubes* » (Note de dégradation = 5)

Il peut tenir le fil de la main droite ou la main gauche mais tire toujours de la main gauche. Le fil tombe souvent. Cet exercice lui coûte beaucoup. On peut observer des tremblements d'action.

« *Trajet de la bicyclette* » (Note de dégradation = 2)

Léo éprouve des difficultés à suivre visuellement le chemin qui est très étroit. Il manque alors de précision, avec des ruptures dans le suivi.

Maîtrise de balles M-ABC Score de dégradation = 10 (< 5° centile)

« *Attraper le sac lesté* » (Note de dégradation = 5)

Il ne parvient pas à attraper le sac. Il n'y a pas de phase d'anticipation, les bras et les mains restent très écartés. Il ne peut s'ajuster à la hauteur, la direction ou la force du lancer.

« *Visée dans le but* » (Note de dégradation = 5)

Léo est très en difficulté pour viser. Il change de main. Il lance la balle avec très peu de force.

Equilibre / Coordinations globales M-ABC Score de dégradation = 6 (= 15° centile)

« *Equilibre statique* » (Note de dégradation = 0)

L'équilibre sur un pied est de bonne qualité.

« *Saut au-dessus de la corde* » (Note de dégradation = 5)

Léo manque d'impulsion pour sauter par-dessus la corde alors qu'il peut sauter pieds joints.

« *Marche sur la ligne sur la pointe des pieds* » (Note de dégradation = 1)

Léo montre des difficultés à coordonner les deux actions puis dès le deuxième essai il parvient à réaliser 6 pas.

Charlop-Atwell : Score total - 0,4 DS (Score obj : -1,1 DS ; Score subj : +0,1 DS)

Equilibre statique :

Léo peut rester sur la pointe des pieds pendant 8 secondes, mais il a posé les pieds après 4 secondes.

Equilibre dynamique :

Léo ne peut sauter qu'une seule fois sur un pied, le pied gauche.

Actions simultanées :

Léo peut sauter avec demi-tour, même s'il ne saute pas exactement à 180°. La réception au sol est bonne avec les deux pieds. Malgré quelques mouvements hésitants, il peut tourner sur lui-même en avançant.

Coordinations complexes :

Léo ne peut coordonner les deux mouvements du pantin : il les effectue séparément. Avec une aide verbale, il peut coordonner une seule fois le schéma moteur de « l'animal préhistorique ». Il prend les positions avec aisance.

Graphomotricité

Léo peut changer de main au cours d'un exercice. La prise est tripodique. Le poignet est souvent levé. On observe de petits tremblements à l'approche du crayon sur la feuille.

Coordination visuo-motrice « FROSTIG » Score = - 2,6DS

Léo présente de grandes difficultés à être précis. Parfois il lui est aussi difficile de commencer et de finir le tracé sur la cible.

Précision visuo-motrice « NEPSY » NS = 6

Au niveau du temps, Léo est dans la moyenne de son âge mais pour les erreurs il est au niveau inférieur / limite. Léo arrive à suivre globalement le trajet, mais la précision reste difficile

Perception visuelle

Discrimination figure / fond FROSTIG » Score = -1,3DS

Les difficultés visuelles et graphiques de Léo semblent beaucoup le gêner pour réaliser cette épreuve. Il pourra isoler la 1^o forme présentée.

Traitements visuo-spatiaux

Cubes « NEPSY » NS = 7

Léo parvient à imiter les structures dont le modèle est réel (tour, train, escalier) et n'accède pas pour l'instant aux modèles présentés en photo.

Copie de figures NEPSY NS = 4

Léo est très en difficulté au niveau de cette épreuve. Il peut refaire un trait vertical et horizontal. Le rond est composé de plusieurs circulaires et ne peut se faire que sur le modèle.

Attention soutenue

Thomas Score = - 2 DS

Léo se montre très peu autonome sur cette épreuve : il a besoin qu'on lui redise la consigne régulièrement. Il veut d'ailleurs très vite arrêter. Le biffage est difficile. Il procède par picorage. Il peut barrer 15 bonnes réponses et faire 9 erreurs.

Conclusion : Léo présente des difficultés psychomotrices, en particulier au niveau de la motricité fine et du graphisme. Lors de ce bilan, on a pu observer des changements de main et voir que la latéralité n'est pas encore bien établie.

Il affiche un score global de 28 au M-ABC, soit nettement inférieur au 5° centile, qui fait apparaître une suspicion de Trouble d'Acquisition des Coordinations. Il présente aussi des difficultés d'attention et de la perception visuelle.

2. Analyse clinique

Léo a participé à 6 séances.

Pour le laçage de planche, Léo a présenté une stratégie déjà bien latéralisée : il attrape la planche avec la main gauche et enfile le lacet avec la main droite, puis il met la planche en équilibre sur la tranche ou il la tient, pour récupérer et tirer le fil avec la main gauche. Puis il pose la planche sur la table et la reprend pour continuer, généralement avec la main gauche pour enfiler avec la main droite. Une fois, il a enchaîné deux séquences sans poser la planche et enfilant avec la main gauche qui tenait toujours le fil. Pendant le passage du fil, Léo ne lâche pas le fil de sa main droite tant que la main gauche ne l'a pas récupéré de l'autre côté. Il préfère lâcher la planche qui tient alors en équilibre sur le lacet ou qu'il tient du bout des doigts en même temps que le fil. Le fait de tenir la planche verticalement induit un peu cette manipulation : le fil entre du côté droit et ressort du côté gauche.

Lors de la deuxième séance de laçage, Léo a reproduit le même schéma, mais pour commencer une séquence, il s'est d'abord organisé pour bien tenir le fil avec la main droite avant d'attraper la planche, alors qu'à la première séance, il se centrait d'abord sur la planche puis sur le fil. Lorsque le fil lui a été présenté vers sa main gauche, il a fait une tentative pour enfiler, puis il a changé de main pour retrouver son organisation : enfiler avec la main droite et tirer avec la main gauche.

Il est intéressant de noter qu'il n'a pas généralisé cette stratégie pour enrouler le fil autour du rond en carton avec un trou. Pour cet exercice, il a systématiquement alterné les mains : enfiler avec une main et tirer avec l'autre main, puis enchaîner en enfilant

avec la main qui tenait le fil juste avant, en lâchant très rarement le rond. Cette activité est un peu plus difficile, avec une prise sur le support qui est moins stable.

Concernant la pose des cartes, à la première séance, Léo a spontanément attrapé le paquet de cartes à 2 mains, puis il l'a gardé dans la main gauche pour poser les cartes avec la main droite. Quand on lui présente le paquet sur sa gauche, il le prend et le garde dans la main gauche ; quand on lui présente sur sa droite, il le prend avec sa main droite et le passe dans la main gauche. Il a donc gardé la même configuration pour poser la première carte en début de séquence, puis il varie sur la façon de poser les deux suivantes. A la deuxième séance, il a systématiquement posé la première carte avec la main droite. Quand le paquet lui a été proposé sur sa droite, il attrape avec sa main droite et transfère le paquet dans sa main gauche pour poser la carte avec la main droite.

Pour accrocher les pinces à linge sur un support en carton en forme de cœur, Léo a attrapé d'abord une pince à linge avec sa main droite, puis le cœur en carton. Puis il a enchaîné les pinces à linge en les accrochant toutes avec la main droite. En revanche, pour les retirer, il a attrapé le cœur posé face à lui avec la main droite, et les a toutes enlevées avec la main gauche.

Pour piquer de petits objets, comme la tête à pâte ou la fourmi, on a pu voir des stratégies différentes.

Pour la tête à pâtes, il a d'abord attrapé le bâton avec la main gauche et piqué les pâtes sur la boule de pâte à modeler avec la main droite, mais après deux essais il a changé de main pour piquer avec la main gauche et tenir avec la main droite. Il est possible que comme la boule de pâte à modeler n'est pas toujours très stable sur le bâton, il ait préféré prendre la main droite comme support.

Pour la fourmi, c'est-à-dire piquer des bouts de pailles sur un boudin de pâte à modeler tenue directement dans la main, il a fait plusieurs changements de main. Ces changements de main ont été déclenchés du côté du corps en pâte à modeler (3 fois) ou du côté des pattes en bouts de paille (3 fois). On peut noter que lorsque le

changement de main est intervenu du côté des pailles, il s'est effectué à chaque fois de la gauche vers la droite.

Enfin, pour remplir le cône avec des pâtes par un petit trou, il a fait des allers-retours entre les mains, entre la tenue du cône et l'action de mettre la ou les pâtes dans le trou. On a pu ainsi observer une dizaine de changements. Le cône devait servir à faire un maracas et c'est souvent le fait de secouer le cône pour écouter le bruit qui a déclenché un changement de main.

On observe donc que pour une partie des activités, Léo a présenté des coordinations avec une répartition stable des rôles entre les mains. Mais selon les activités, la configuration change : pour accrocher les pinces à linge, c'est la main droite qui est active, alors que pour piquer des pâtes sur une boule de pâte à modeler fixée sur un bâton, c'est la main gauche.

En revanche, pour certaines activités, la répartition des rôles n'était pas aussi nette, comme par exemple pour visser et dévisser le boulon, enrouler le fil autour du rond creux ou remplir le cône de pâtes.

	Description	Main active	Main suppo
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le lacet	Tenir la planche
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le fil	Tenir le carton
Fourmi en pâte à modeler	Piquer des morceaux de paille ou des allumettes sur un boudin de pâte à modeler	Piquer les pattes	Tenir le boudin
Tête à pâtes	Piquer des pâtes sur une boule de pâte à modeler enfoncée sur un	Piquer les pâtes	Tenir le bâton

Activités non stables
Visser et dévisser le boulon
Piquer les pailles sur le boudin
Remplir le cône avec les pâtes
Enfiler le fil autour du rond creux

Il ne fait quasiment pas de croisements de la ligne médiane mais des changements de main pour retrouver la configuration : main droite active, main gauche support.

3. Comparaison avant / après prise en charge

Pantomimes

	Description	Main active
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le lacet
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le fil
Fourmi en pâte à modeler	Piquer des morceaux de paille ou des allumettes sur un boudin de pâte à modeler	Piquer les pattes
Tête à pâtes	Piquer des pâtes sur une boule de pâte à modeler enfoncée sur un	Piquer les pâtes

Concernant sa préférence manuelle, Léo présente une latéralité majoritairement à gauche (4 actions sur 6). On observe deux modifications entre les 2 évaluations. Pour l'item « faire semblant de se coiffer », Léo n'a pas proposé de réponse lors du test (« je ne sais pas ») et il a réalisé l'item à 2 mains lors du restest : on peut imaginer que Léo manque d'expérience sur ce geste en particulier. Pour l'item « faire semblant d'utiliser un marteau », Léo se tenait la tête avec la MD : on peut donc se dire qu'il a utilisé la main disponible, sachant que des études ont montré que pour le marteau, on observe une utilisation majoritaire de la main droite, même chez les gauchers.

Situation de dinette

	Description	Main active	Main s
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le lacet	Tenir la planche
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le fil	Tenir le carton
Fourmi en pâte à modeler	Piquer des morceaux de paille ou des allumettes sur un boudin de	Piquer les pattes	Tenir le boudin

Pendant la situation de test, on n'observe aucun croisement de la ligne médiane : les objets sont saisis selon leur position dans l'espace.

Pendant la situation de retest, on observe des évolutions. Léo a effectué 4 croisements de la ligne médiane pendant la saisie des objets. Il est passé outre la position des objets pour les saisies simples de l'assiette et du couteau (2 croisements) pour systématiquement les prendre avec la main droite, contrairement à la situation initiale (hétérogène pour l'assiette et le couteau). Si la prise n'a pas d'incidence pour l'assiette, la prise du couteau à droite lui a permis de manipuler directement avec sa main active. Pour la prise de la cuillère, il a reproduit le schéma initial, à savoir suivre la position puis effectuer le changement avant la manipulation.

Léo réalise 4 changements de main après la saisie et donc avant la manipulation. Ces changements aboutissent tous à la configuration des mains pour la situation « milieu ». Ainsi, on observe une homogénéité dans la configuration des mains pour une activité donnée, sauf pour l'action de boire.

Après changement, c'est la main droite qui est active sur les actions simples : couper, manger. Pour les actions plus complexes comme dévisser et revisser, c'est la main gauche qui agit (tourner le bouchon), mais elle est aidée de la main droite qui tourne plus ou moins la bouteille.

Pendant la situation de test, l'action de verser est encore bimanuelle, avec la main droite positionnée sur le dessus (cette position est conditionnée par la prise avec la main droite qui tient la bouteille dans l'action de dévisser qui précède) et la main gauche qui croise la ligne médiane pour venir soutenir la bouteille par en dessous. Il est difficile de voir quelle est la main qui initie et dirige l'action. Il n'effectue aucun changement pendant la manipulation et semble à l'aise avec cette manipulation.

Pour la situation de retest, on observe moins de changements de mains avant la manipulation : on en dénombre 2 (manipuler la cuillère et revisser la bouteille).

Léo a également modifié sa stratégie pour la prise de la bouteille. En effet, au lieu de prendre la bouteille dans une main et le verre de l'autre, il a attrapé directement la

bouteille avec les deux mains quand elle était positionnée sur le côté (gauche et droite), croisant la main controlatérale (2 croisements) et négligeant le verre.

Enfin, Léo est passé d'une manipulation bimanuelle à une manipulation unimanuelle pour verser l'eau dans le verre : il a versé en tenant la bouteille avec la main droite et le verre avec la main gauche. Pour boire, il applique une manipulation bimanuelle, notamment conditionnée par le fait que le verre est très rempli.

Léo est toujours très homogène dans les stratégies appliquées pour une action donnée et il n'en a pas changé entre les deux évaluations, sauf pour verser l'eau avec la bouteille.

On peut dire qu'il a « remplacé » les changements de main après saisie par des croisements de ligne médiane, ce qui témoigne d'une meilleure anticipation en fonction de l'action à réaliser après la saisie.

Entre la situation de test et de retest, Léo est passé de 4 à 6 modifications (croisements + changements), ce qui montre qu'il a pu se détacher davantage de la localisation des objets.

Dextérité manuelle

	Description	Main
Laçage de planche	Passer le fil dans les trous	Enfiler le l
Enfiler autour d'un rond creux	Enrouler le fil autour d'un rond creux en carton	Enfiler le f
Fourmi en pâte à modeler	Piquer des morceaux de paille ou des allumettes sur un boudin de pâte à modeler	Piquer les
Tête à pâtes	Piquer des pâtes sur une boule de pâte à modeler enfoncée sur un bâton	Piquer les
Cartes 1	Avec un paquet de 3 cartes (type Memory) tenues à l'envers dans une main, placer les cartes les unes à côté des autres sur la table et les retourner pour voir s'il y a une paire	Poser la c

On observe une amélioration par rapport au bilan précédent sur tous les items.

Sur la coordination bimanuelle, on passe de 6 cubes à enfiler pour la tranche de 4 ans à 12 cubes pour la tranche des 5 ans. Tout d'abord, il a légèrement amélioré le temps de réalisation au 2^e essai, contrairement au bilan précédent. Ensuite, il a amélioré son efficacité : en comparant les 2 meilleurs essais, il passe de 88 secondes pour 6 cubes à 133' pour 12 cubes. D'un point de vue clinique, il persiste quelques tremblements, il change de main à chaque fois pour la saisie des cubes, mais il ne perd plus le fil.

Il a pu diminuer le temps de réalisation pour la motricité unimanuelle et l'écart entre main droite et main gauche a légèrement augmenté. D'un point de vue clinique, on observe que ses prises sont efficaces, mais il est pénalisé par sa lenteur.

Enfin, il a également progressé dans le domaine de la graphomotricité, avec une diminution nette du nombre de dépassements, en particulier en comparant les deux premiers essais. Lors de l'évaluation des 4 ans, on a pu observer que Léo écrivait parfois avec la main droite et parfois avec la main gauche. Mais lors de l'évaluation des 5 ans, il n'a pas changé de main.

4. Synthèse

Alors que la latéralité neurologique semble établie à gauche, Léo utilise sa main droite de façon active pour les actions simples. Tout d'abord, la grande majorité des saisies d'un objet se font avec la main droite. Puis, quand ce n'est pas le cas, Léo réalise des changements de main après la saisie pour retrouver la configuration : main droite active / main gauche support. Pour les actions nécessitant plus de force, comme visser / dévisser, c'est la main gauche qui est plus active, mais aidée par la main droite.

On observe dans le retest une augmentation du nombre de croisements et une diminution du nombre de changements : il a pu anticiper sur l'organisation des mains pour la manipulation sans se laisser influencer par la position des objets. En revanche,

dans les activités de prise en charge, il a fait peu de croisements et surtout des changements de main, en particulier avant la manipulation.

Pour Léo, on observe une différence entre la préférence manuelle en faveur de la main gauche (pantomimes) et la performance manuelle en faveur de la main droite pour les actions unimanuelles et les coordinations bimanuelles simples.

Au vu des résultats de Léo sur les items du M-ABC, il a progressé au niveau de sa dextérité manuelle.

V. Discussion

A l'issue de la mise en œuvre de ce programme de prise en charge autour de la latéralité et des coordinations bimanuelles, on peut faire plusieurs observations.

L'objectif principal de cette prise en charge était d'améliorer les coordinations bimanuelles. En ce qui concerne les deux enfants présentés ci-dessus, on a des résultats différents. Ainsi, Enzo n'a pas amélioré l'efficacité de ses coordinations bimanuelles et il a même plutôt accru son écart avec la norme des enfants de son âge. A l'inverse, Léo a très nettement progressé sur le domaine des coordinations bimanuelles, en réussissant à accentuer sa vitesse d'exécution.

Cependant, il est important de noter qu'Enzo a très fortement progressé dans le domaine de la graphomotricité : il est possible qu'il ait été moins sensible à la prise en charge proposée sur les coordinations bimanuelles alors que ses habiletés graphiques progressaient. De plus, il présente une hyperlaxité importante qui peut pénaliser de façon significative ses coordinations.

Dans un deuxième temps, on peut analyser comment a évolué la latéralité, ou du moins le degré de spécialisation des mains, au travers des signes tels que les croisements de la ligne médiane ou les changements de main.

Pour ces deux enfants, on observe des modifications dans les manipulations bimanuelles, que ce soit dans les situations d'évaluation ou lors des exercices de prise en charge. Les évolutions apparaissent plus nettes chez Léo qui avait déjà un certain

niveau de spécialisation au moment de l'évaluation initiale. La stratégie n'est cependant pas encore établie de façon totalement stable puisqu'il ne l'a pas appliquée à toutes les activités, ce qui semble toutefois cohérent avec son âge.

Les modifications sont plus diffuses pour Enzo, dont la différenciation entre les mains était assez peu précise avant la prise en charge. Il reste encore très sensible à la localisation des objets, mais il expérimente des changements de main pendant la manipulation.

On peut aussi noter qu'on a observé surtout des changements de main et assez peu de croisements de ligne médiane. Si ces enfants ont pu réaliser des croisements dans le cadre de saisie simple, ils réalisent très peu de croisements de la ligne médiane en anticipation, pour placer directement les objets dans la configuration idéale pour la manipulation bimanuelle à venir.

Les exercices ont donc bien amené à faire évoluer le degré de spécialisation des mains, même si cela ne se traduit pas pour tous par une amélioration des coordinations bimanuelles.

Les résultats ont également illustré les propos exposés dans la partie théorique, à savoir que la stratégie appliquée dans la manipulation bimanuelle est fortement dépendante du type d'activité, en particulier du niveau de complexité de l'activité. On retrouve une plus grande spécialisation du rôle des mains face à une activité complexe ou nécessitant plus de précision.

VI. Conclusion

Le travail mené autour de cette prise en charge des coordinations bimanuelles amène plusieurs réflexions. Cette prise en charge cible un domaine spécifique de la motricité manuelle, mais le projet thérapeutique pour ces enfants porte sur plusieurs domaines de la motricité fine, ainsi que sur la motricité globale. Les exercices proposés en parallèle ont pu avoir un impact sur les évolutions observées pour les coordinations

manuelles ou ont pu faire avancer d'autres domaines, peut être au détriment de la coordination bimanuelle. De plus, au vu de l'âge des enfants, leur développement psychomoteur est toujours en cours et la spécialisation manuelle qu'on a pu observer pourrait s'inscrire dans une maturation naturelle de cette habileté. Enfin, les troubles associés peuvent masquer certains effets de la prise en charge, comme l'hyperlaxité chez Enzo ou le syndrome de Smith Magenis chez un autre enfant.

On a vu que la prise en charge proposée avait pu amener quelques changements, en particulier au niveau du degré de spécialisation des mains. Mais quelles pourraient être les modifications à apporter pour accentuer et améliorer ses effets ?

Au niveau de la procédure, l'idée de multiplier les expérimentations à partir d'activités variées, me paraît pertinente, quel que soit le degré de latéralisation de l'enfant. Même si on ne sait pas encore exactement comment s'établit la latéralité, son développement ne peut que bénéficier de la pratique et de l'expérimentation.

Cependant, il me semble que pour les enfants ayant une organisation peu stable, le fait d'inverser la configuration pendant l'exercice n'a pas présenté beaucoup d'intérêt, car ils changent régulièrement de mains et se laissent facilement influencer par la position spatiale des objets. En revanche, pour les enfants qui commencent à installer des schémas, il me paraît intéressant de garder cette spécificité, car cela les amène à ressentir quand il faut changer de main pour retrouver la configuration la plus aisée, ce qui contribue à conforter ce schéma.

Au niveau des activités, certaines sont apparues comme inappropriées, comme par exemple déchirer du papier : d'abord car cette activité est encore un peu difficile à leur âge, mais surtout parce qu'elle ne met pas en évidence un rôle vraiment différencié des mains.

On a vu que la spécialisation vient aussi de la tâche et en particulier de son niveau de complexité. Il serait peut-être intéressant de réfléchir à des activités où les contraintes seraient plus fortes, pour accompagner encore davantage l'émergence de la spécialisation. Cela peut passer par un plus grand niveau de précision, comme par

exemple extraire un petit objet d'un contenant ou par une nécessité plus importante de faire appel à la force ou encore en jouant sur la taille des objets.

Les travaux menés dans le cadre de cette approche de la latéralité suggèrent également qu'il faut apprécier plus finement le degré de latéralité à cette période. Au-delà de l'évaluation de la direction et du degré de performance de chaque main, il est intéressant d'être attentif aux signes qui témoignent d'une évolution du degré de spécialisation, comme le croisement de la ligne médiane ou les changements de main.

Enfin, il est important de rappeler qu'une prise en charge basée sur la latéralité, doit se faire en accompagnant l'émergence de cette latéralité et en aucun cas en l'induisant, dans le respect du rythme de développement de l'enfant.

BIBLIOGRAPHIE

Albaret, J., & Soppelsa, R. (2007). *Précis de rééducation de la motricité manuelle*. Marseille: Solal.

Anderson, A., & Pehoski, C. (2006). *Hand Function in the Child : Foundations for Remediation*. Mosby Elsevier.

Buckingham, G., Binsted, G., & Carey, D. (2010). Bimanual reaching across the hemispace : which hand is yoked to which ? *Brain and Cognition* , pp. 341 - 346, Vol. 74, N° 3.

Carlier, M., Doyen, A., & Lamard, C. (2006). Midline crossing : developmental trend from 3 to 10 years of age in a preferential card-reaching task. *Brain and Cognition*, pp. 255 - 261, Vol. 61, N°3.

Cochet, H., & Vauclair, J. (2012). Hand preferences in human adults : non communicative action versus communicative gestures. *Cortex*, pp. 1017 - 1026, Vol. 48, N°8.

Fagard, J. (2001). *Le développement des habiletés de l'enfant - Coordinations bimanuelles et latéralité*. Paris: CNRS Éd.

Fagard, J., & Lockman, J. (2005). The effect of task constraints on infants manual strategy for grasping and exploring objects. *Infant Behavior and Development*, pp. 305 - 315, Vol. 28, N°3.

Gabbard, C., & Rabb, C. (2001). Imagined and Actual Limb selection : a test of preference. *Brain and Cognition*, pp. 139 - 144, Vol. 46, N° 1.

Gonzalez, C., & Goodale, M. (2009). Hand preference for precision grasping predicts language lateralization. *Neuropsychologia*, pp. 3182 - 3189, Vol. 47, N° 14.

Kaufman, N. L., Kaufman, A., & Zalma, R. (1978). The relationship of hand dominance to the motor coordination, mental ability, and right-left awareness of young normal children. *Child Development*, pp. 885 - 888, Vol. 49, N° 3.

Leconte, P., & Fagard, J. (2004). Influence of object spatial location and task complexity on children's use of their preferred hand depending on their handedness consistency. *Developmental psychobiology*, pp. 51 - 58, Vol. 45, N° 2.

Michell, D., & Wood, N. (1999). An investigation of midline crossing in three-year-old children. *Physiotherapy*, pp. 607-615, Vol. 85, N°11.

Paoletti, R. (2007). Classification fonctionnelle de la motricité manuelle. *Revue des sciences de l'éducation*, pp. 729 - 743, Vol. 19, N° 4.

Provins, K. (1997). The Specificity of Motor Skill and Manual Asymmetry: A Review of the Evidence and Its Implications. *Journal of Motor Behavior*, pp. 183 - 192, Vol. 29, N° 2.

Rivière, J. (2000). *Le développement psychomoteur du jeune enfant*. Marseille: Solal.

Stone, K., Bryant, D., & Gonzalez, C. (2013). Hand use for grasping in a bimanual task : evidence for different roles ? *Experimental brain research*, pp. 455 - 467, Vol. 224, N° 3.

Tan, L. (1985). Laterality and Motor Skills in Four-Year-Olds. *Child Development*, pp. 119 - 124, Vol. 56, N° 1.

Vinter, A., & Perruchet, P. (2000). Implicit learning in children is not related to age : evidence from drawing behavior. *Child Development*, pp. 1223 - 1240, Vol. 71, N° 5.

Westwood, D., Roy, E., & Bryden, P. (2000). Posture and target location effects on manual preference. *Brain and cognition*, pp. 421 - 425, Vol. 43, N° 1-3.

ANNEXES

Annexe 1

Situation de dinette



Assiette



Couteau



Bol et Cuillère



Bouteille et Verre

Annexe 2

Activités de Prise en charge



Ce mémoire a été supervisé par Monsieur Régis SOPPELSA.

RESUME

Ce mémoire traite de la possibilité de prendre en charge les coordinations bimanuelles en agissant sur la latéralité chez les jeunes enfants.

Concernant la latéralité, ses origines ne sont pas encore clairement établies et son développement repose sur des facteurs physiologiques et environnementaux. Parmi les coordinations bimanuelles, on trouve les gestes complémentaires avec des rôles différenciés pour chaque main. Différents éléments permettent de penser qu'une latéralité bien établie influence positivement les performances dans les coordinations bimanuelles. La prise en charge va consister à proposer aux enfants différentes activités bimanuelles pour les accompagner dans le développement de leur latéralité et ainsi contribuer à améliorer leurs coordinations bimanuelles.

Mots clés : latéralité, asymétrie hémisphérique, préférence manuelle, coordinations bimanuelles, rôles différenciés des mains.

ABSTRACT

This report deals with the option of rehabilitation of bimanual coordination through handedness by young children.

Concerning handedness, its causes are not still clearly established and its development rests on physiological and environmental factors. Among bimanual coordination, there are complementary gestures with diversified roles for each hand. Various elements allow to think that a well-established handedness influences in a positive way performances in the bimanual coordination. Rehabilitation consists in proposing to children different bimanual activities to support them in the development of their handedness and so to contribute to improve their bimanual coordination.

Key words: handedness, hemispheric asymmetry, manual preference, bimanual coordination, diversified roles of hands