

Université Toulouse III

Faculté de Médecine Toulouse Rangueil

Institut de Formation en Psychomotricité



**EFFETS DE LA PRATIQUE DE MOUVEMENTS
CONTINUS ET CYCLIQUES SUR L'APPRENTISSAGE
DE COORDINATIONS BIMANUELLES**

**Cas de deux enfants porteurs d'un Trouble d'Acquisition des
Coordinations**

Léa BELLEC

Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'état de psychomotricien

Session Juin 2013

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
PARTIE THÉORIQUE	3
I. LA COORDINATION BIMANUELLE.....	4
A. La motricité manuelle.....	4
1. Définition	4
2. Taxonomie de la motricité manuelle.....	4
a) Analyse factorielle de FLEISHMAN (1953)	5
b) Classification fonctionnelle de PAOLETTI (1993)	6
B. Coordination motrice bimanuelle.....	8
1. Définition	8
a) Les prérequis de la coordination bimanuelle.....	8
b) La classification des gestes bimanuels	9
2. Le siège des coordinations bimanuelles.....	10
a) Rôle de l'aire motrice supplémentaire dans la CBM.....	11
b) Rôle du corps calleux dans la CBM	12
3. Développement de la coordination motrice bimanuelle	13
a) Les coordinations bimanuelles indifférenciées	13
b) Émergence des coordinations bimanuelles différenciées.....	14
4. Les contraintes de la coordination bimanuelle.....	14
a) La symétrie	15
b) La latéralité manuelle	16
c) La synchronie	16
C. Trouble de la coordination manuelle et pathologies associées	17
1. Pathologies associées	17
a) Les agénésies du corps calleux.....	17
b) La maladie de Parkinson	18
c) Le Trouble Déficitaire de l'Attention / Hyperactivité (TDA/H).....	19
2. Le Trouble des Acquisitions de la Coordination	21
a) Présentation du TAC	21
b) TAC et coordinations bimanuelles	23
c) Techniques de prise en charge du TAC.....	23

II. THÉORIE DYNAMIQUE	25
A. Les théories de l'apprentissage et du contrôle moteur	25
1. Approche cognitiviste du contrôle moteur	25
a) Théories cognitives et organisation du mouvement	25
b) Théories cognitivistes et apprentissage moteur	25
❖ Les étapes de l'apprentissage moteur :	26
❖ Les vecteurs de l'apprentissage moteur :	26
❖ Les variables de l'apprentissage moteur :	27
2. Vers une approche dynamique du mouvement	28
a) Présentation de la théorie des systèmes dynamiques	28
❖ Système complexe et système d'auto-organisation :	28
❖ Applications à la motricité humaine :	29
b) Théorie des systèmes dynamiques et apprentissage moteur	30
❖ Notion d'attracteurs et de stabilité :	30
❖ Paramètre de contrôle :	31
❖ Régime de compétition et de coopération :	31
B. Théorie dynamique du mouvement et coordination bimanuelle	32
C. TAC et théorie dynamique du mouvement	35
1. Explication dynamique du fonctionnement du TAC	35
2. Prise en charge dynamique du TAC	36
PARTIE PRATIQUE	38
I. Introduction de la partie pratique	39
II. Présentation du protocole et de la population	39
A. Organisation du protocole	39
1. Répartition et durée des séances	39
2. Description et choix des Coordinations Bimanuelles	40
3. Méthodes d'apprentissage	49
B. Présentation de la population	51
1. Étude de cas de Clara	51
2. Étude de cas de Matéo	55
III. L'évaluation	60
A. Avant le protocole	60
1. L'évaluation normée	60

2. L'évaluation non normée	61
B. Pendant le protocole	63
C. Après le protocole.....	63
1. L'évaluation normée	64
2. L'évaluation non normée	64
IV. L'analyse des résultats	65
A. Évolution des coordinations bimanuelles travaillées	65
1. Évolution de la somme des scores qualitatifs	65
2. Évolution du nombre de coordinations réussies successivement de manière cyclique	67
3. Évolution du temps moyen de réalisation des dix coordinations.....	68
B. Évolution des coordinations bimanuelles non travaillées.....	69
1. Évolution de la somme des scores qualitatifs	70
a) Coordinations bimanuelles avec action non différenciée des mains	70
b) Coordinations bimanuelles avec action différenciée des mains.....	71
2. Évolution du nombre de coordinations réussies successivement de manière cyclique	72
a) Coordinations bimanuelles avec action non différenciée des mains	72
b) Coordinations bimanuelles avec action différenciée des mains.....	73
3. Évolution du temps moyen de réalisation des dix coordinations.....	74
C. Comparaison des résultats obtenus sur l'évaluation standardisée avant et après le protocole	75
1. Évolution des scores obtenus au test de développement psychomoteur (LOMDS)	75
2. Évolution des scores obtenus au PURDUE PEGBOARD.....	77
CONCLUSION & DISCUSSION.....	79

INTRODUCTION

Le Trouble d'acquisition des coordinations (TAC) concerne environ 6% de la population des enfants âgés entre 5 et 11 ans, constituant ainsi l'un des grands troubles psychomoteurs. Il sera fréquemment rencontré par les psychomotriciens dans leur exercice de leur fonction. Dans le cadre de mon stage effectué en cabinet libéral, j'ai constaté que les enfants porteurs d'un TAC représentaient une part importante des patients en cours de suivi. L'examen de leur dossier médical a révélé des difficultés de coordinations bimanuelles (CBM) retrouvées dans les tests psychomoteurs pour une grande majorité d'entre eux. Je me suis donc intéressée à la prise en charge de ces coordinations en proposant un travail protocolé.

La réflexion autour de ce protocole de rééducation des CBM m'a amenée à élaborer un projet s'inscrivant dans la continuité de celui mené par Émilie PEZET (2012) dans le cadre de son mémoire en vue de l'obtention du diplôme de psychomotricien.

La compréhension des processus d'apprentissage m'est apparue indispensable pour proposer un protocole adapté à ce trouble développemental. L'approche dynamique du mouvement permet une explication de l'apprentissage et du contrôle moteur. Elle met en lien l'action du sujet et les contraintes, de l'environnement et de la tâche exigée, qui vont conditionner sa production motrice. Les théories dynamiques sont particulièrement intéressantes pour comprendre les processus sous jacents de l'émergence d'une coordination bimanuelle. C'est pourquoi l'étude dynamique du fonctionnement de l'enfant TAC (et de ses modes de coordination) présente un intérêt majeur dans la réflexion concernant la prise en charge de ses coordinations bimanuelles.

Les enfants porteurs de TAC se caractérisent par une tendance à discrétiser le mouvement, c'est à dire à le réaliser de façon séquencée. Le passage d'un mouvement continu à un mouvement sériel peut être modélisé par les principes de la théorie dynamique. À partir de ce constat, je propose de soumettre 2 enfants TAC à des tâches de répétition et d'enchaînement de coordinations bimanuelles, à intervalle de temps régulier. Il s'agit là de transformer un mouvement initialement sériel en mouvement continu et cyclique. Ainsi nous tenterons de leur apprendre des coordinations bimanuelles de manière globale afin de limiter la discrétisation du mouvement.

Dans une première partie je présenterai le cadre théorique constituant la base de cette réflexion. Elle contiendra, dans un premier temps, une présentation de la motricité bimanuelle

et des pathologies associées, notamment le Trouble d'acquisition de la coordination et sa prise en charge. Dans un second temps je détaillerai les principes généraux de la théorie dynamique du contrôle moteur puis de l'apprentissage, en comparaison avec les théories cognitives. Par ailleurs j'exposerai l'approche dynamique de la coordination bimanuelle et par conséquent du fonctionnement du TAC avec ses spécificités de prise en charge.

Dans une seconde partie, je présenterai d'une part l'organisation du protocole en détaillant l'analyse des coordinations bimanuelles choisies et la méthodologie mise en place et d'autre part la population. Les modalités d'évaluation et les résultats obtenus seront également exposés et feront l'objet d'une partie de réflexions et de conclusions.

PARTIE THÉORIQUE

I. LA COORDINATION BIMANUELLE

A. La motricité manuelle

1. Définition

Dans le langage courant, la motricité manuelle désigne les actions motrices organisées par la main de façon intentionnelle. D'après PAOLETTI (1991) « La motricité manuelle représente l'ensemble des fonctions anatomiques, physiologiques, neurologiques et psychologiques qui président à l'élaboration des mouvements des mains et, par extension, des membres supérieurs ». Selon KIBLER, MILES et BARKER (1970), les activités manuelles forment la motricité fine incluant les manipulations et la coordination visuo-motrice. Enfin pour HARROW (1970) les actions manuelles sont des «mouvements coordonnés des extrémités des membres supérieurs» dans lesquels sont insérés les actes de préhension et de dextérité.

Les mains interviennent dans de très nombreuses activités de la vie quotidienne. Selon FAGARD (2001) les fonctions de la main sont multiples : elles jouent un rôle dans la relation aux objets, la communication et dans les activités corporelles globales.

La motricité manuelle constitue l'une des premières manifestations observables des comportements de relation intentionnels du nourrisson avec son environnement. (PAOLETTI, 1993).

2. Taxonomie de la motricité manuelle

Selon FAMOSE (1990), il n'existe pas de classification universelle. La classification de la motricité manuelle peut se faire selon différents critères. Plusieurs auteurs ont tenté de hiérarchiser ou catégoriser les actions motrices manuelles. Selon les préoccupations de ces auteurs et leur degré de connaissance, l'entreprise de classification est menée différemment.

a) Analyse factorielle de FLEISHMAN (1953)

FLEISHMAN (1953, 1954, 1955, 1960, 1964, 1972, 1998) établit une analyse factorielle de la motricité manuelle. Il distingue d'abord la motricité globale (gross motor skill) de la motricité fine (fin motor skill) au même titre que KIBLER, BARKER et MILES (1970) qui associeront la motricité fine à la motricité manuelle incluant les manipulations et la coordination visuo-motrice. Il indique qu'il existe d'une part une relative indépendance entre la motricité globale et la motricité fine et d'autre part des facteurs indépendants au sein même de la motricité fine. FLEISHMAN divise donc la motricité fine en une multitude de petites habilités indépendantes. Les activités manuelles s'organisent autour de plusieurs unités indépendantes. Cette analyse factorielle va lui permettre d'extraire 5 facteurs de motricité manuelle :

- ❖ Facteur de la vitesse poignet-doigts : il correspond au mouvement pendulaire rapide du poignet retrouvé par exemple lors du pointage de deux cibles à une certaine distance. Il est essentiellement mesuré par les tests papiers-crayon et peut se rapprocher du facteur 4 du test de développement psychomoteur de Lincoln Oseretsky (SLOAN, 1948). Ici les coordinations oculo-manuelles et la précision ne sont pas requises.
- ❖ Facteur de la vitesse des mouvements du bras : ce facteur est associé à la notion de précision. Il correspond à la vitesse à laquelle le sujet peut réaliser une série de mouvements globaux. On retrouve ce rapport dans des activités telles que le jonglage.
- ❖ Facteur dextérité digitale : il concerne la manipulation de petits objets dans laquelle l'utilisation des doigts prédomine. Il désigne la capacité à faire des mouvements rapidement et habilement contrôlés dans la manipulation de petits objets. Cette aptitude est plus fine que la dextérité manuelle. Le test Purdue Pegboard mesure ce facteur (TIFFIN, 1940).
- ❖ Facteur dextérité manuelle : il est associé à la manipulation habile et contrôlée d'objets plus gros impliquant des mouvements des bras et des mains.

- ❖ Facteur de visée ou de pointage : il concerne la capacité à réaliser précisément un mouvement dont la composante oculo-manuelle est importante. On retrouve ce phénomène lors du lancé et du rattrapage d'une balle. Ce facteur exige la coordination du contrôle visuel et de la mobilisation manuelle.

CAROLL en 1993 rassemble les études ayant porté sur la motricité manuelle est isole les mêmes facteurs que FLEISHMAN et en rajoute trois autres :

- ❖ Facteur de force statique : il concerne les phénomènes de transmission et de focalisation de la puissance corporelle d'une région à une autre région corporelle. Dans le contexte de la motricité manuelle cela correspondrait au transfert de la puissance des membres inférieurs aux membres supérieurs et notamment aux mains.
- ❖ Facteur des coordinations manuelles : il concerne la capacité plus générale à utiliser simultanément les deux mains pour produire un mouvement, une action sur le milieu.
- ❖ Facteur contrôle-précision : il correspond à la capacité à intégrer dans son schéma corporel des outils extérieurs au corps. Cette compétence permettrait ainsi le contrôle de l'outil scripteur comme un prolongement de notre main pour produire une trace graphique.

b) Classification fonctionnelle de PAOLETTI (1993)

PAOLETTI en 1993 propose une classification qui permet de regrouper les actions manuelles en fonctions des buts qu'elles permettent d'atteindre. Cette classification fonctionnelle différencie les actions motrices manuelles en s'appuyant sur les mécanismes internes qui permettent leur exécution. PAOLETTI part du principe que toute action est gouvernée par une intention et dirigée vers un objectif. Il répertorie les types de comportements finalisés (manipulation, restitution, graphisme, application de force ...etc.) qu'il met en parallèle avec les catégories fonctionnelles des actions motrices manuelles.

Classification des actions motrices manuelles (PAOLETTI, 1993)

Comportements finalisés	Catégories fonctionnelles
Quête : <ul style="list-style-type: none">- action de pointage- action de poursuite- action d'approche- action de contact	Fonction de visée
Prise de possession : <ul style="list-style-type: none">- action de saisie- action d'attraper	Fonction de prise de contrôle manuel
Manipulation : <ul style="list-style-type: none">- action de palpation- action de soutien- action de déplacement- action de transformation	Fonction de contrôle manipulateur
Restitution : <ul style="list-style-type: none">- action de lâcher- action de dépôt	Fonction de relâchement
Application de force : <ul style="list-style-type: none">- action de frapper- action de lancer	Fonction de projection
Graphisme : <ul style="list-style-type: none">- action de dessiner, de peindre, d'écrire	Fonction de traçage

Cette catégorisation fonctionnelle se base sur la notion de programme moteur généralisé issue de la théorie cognitive du schéma de SCHMIDT (1974,1991) ainsi que SHAPIRO et SCHMIDT (1982). Dès lors qu'une action motrice manuelle orientée vers un but est réalisée (et répétée), elle développe un patron de mouvement qui s'ancre dans un programme moteur généralisé. Celui-ci conditionne de façon invariable les mouvements qui composent cette action manuelle finalisée.

Ce regroupement d'actions manuelles ne traduit pas de hiérarchie mais avance l'idée d'une chronologie (PAOLETTI, 1993). L'atteinte d'un but fixé au départ de l'action nécessite l'élaboration d'objectifs intermédiaires et d'actions correspondantes chronologiquement ordonnées.

B. Coordination motrice bimanuelle

1. Définition

Pendant longtemps, on a considéré que l'habileté manuelle concernait uniquement les capacités de la main dite « préférée » ou « dominante ». Le terme de « coordination bimanuelle » (CBM) apparaît peu dans la littérature avant la fin des années 70. FLEISHMAN (1958) parlait de « tâche bimanuelle » dans ses recherches factorielles sur l'habileté manuelle.

Les gestes fins (ou manuels) sont en réalité presque systématiquement bimanuels. La coordination bimanuelle fait intervenir les deux membres supérieurs qui agissent de façon simultanée ou non et avec un rôle similaire ou complémentaire dans l'objectif de réaliser une action motrice qui leur est commune.

a) Les prérequis de la coordination bimanuelle

La coordination bimanuelle dépend de plusieurs paramètres :

- la coordination oculo-manuelle : elle intervient dans la préhension et la manipulation. Elle nécessite la mise en relation des informations concernant les propriétés de l'objet (taille, forme...etc.), sa position dans l'espace avec les informations concernant la position du corps dans l'espace et en particulier les informations proprioceptives sur la localisation de l'effecteur. La coordination oculo-manuelle exige donc une bonne intégration des informations visuelles. Concernant cette intégration et le traitement des informations visuelles on distingue deux boucles visuo-manuelles dont l'activation dépendrait de la finalité de la perception de l'objet, selon que l'objet perçu doit être pris ou simplement identifié.
- la posture : la stabilité posturale est moindre chez l'enfant que chez l'adulte et elle moins souvent anticipée (BERNSTEIN, 1967 in FAGARD, 2001). La posture a un rôle important dans la préhension : l'instabilité céphalique et lombaire présente chez le bébé le gêne dans le contrôle indépendant des bras et des mains du fait des signaux proprioceptifs rétroactifs qui parasitent ses gestes. Cependant l'asymétrie posturale de

la naissance à l'âge de 3-4 mois joue un rôle dans l'établissement de l'asymétrie manuelle.

b) La classification des gestes bimanuels

FAGRAD en 2001 expose les différents paramètres qui sont retenus pour différencier et classer les gestes bimanuels. Ces paramètres ne sont pas indépendants les uns des autres, ils peuvent s'assembler.

- 1) *le nombre d'éléments de mouvement* : dans ce critère on distingue les gestes discrets qui correspondent à des tâches courtes comme le pointage d'une cible. Ils permettent de mesurer les temps de réactions et les temps moteurs. Ensuite on a les gestes séquentiels ou continus qui n'ont ni début, ni fin identifiable comme pour une tâche de touche de série de cibles. Enfin on a les gestes répétitifs qui correspondent à des répétitions de gestes identiques à intervalle de temps constant comme effectuer des frappes répétées sur des touches à un rythme particulier.
- 2) *les relations spatiales des gestes des deux mains* : ils peuvent être symétriques (dits « en miroir »), parallèles ou bien asymétriques.
- 3) *les relations temporelles des deux gestes* : on distingue ici les gestes synchrones, les gestes coordonnés temporellement mais non synchrones (gestes alternés) et les gestes indépendant temporellement.
- 4) *le rôle respectif des deux mains dans l'action*: les mains peuvent avoir des rôles indépendants, semblables et complémentaires, comme dans les tâches de soulèvement de poids, ou des rôles différents et complémentaires comme dans la majorité des gestes bimanuels du quotidien.

Le modèle de Guiard (1988) catégorise différents types de coordinations bimanuelles. Il propose de considérer que les mains sont équipées d'un appareil musculaire complexe assimilable à un moteur qui va contrôler la position de la main, position variable (ou PV), par rapport à une position dite de référence (PR). Les deux moteurs contrôlant les mains peuvent s'assembler selon plusieurs modes : le mode orthogonal et parallèle (symétrique) et le mode sériel (asymétrique). Le mode orthogonal est assimilé aux gestes indépendants. Le mode

parallèle correspond aux gestes complémentaires similaires et le mode sériel aux gestes complémentaires asymétriques.

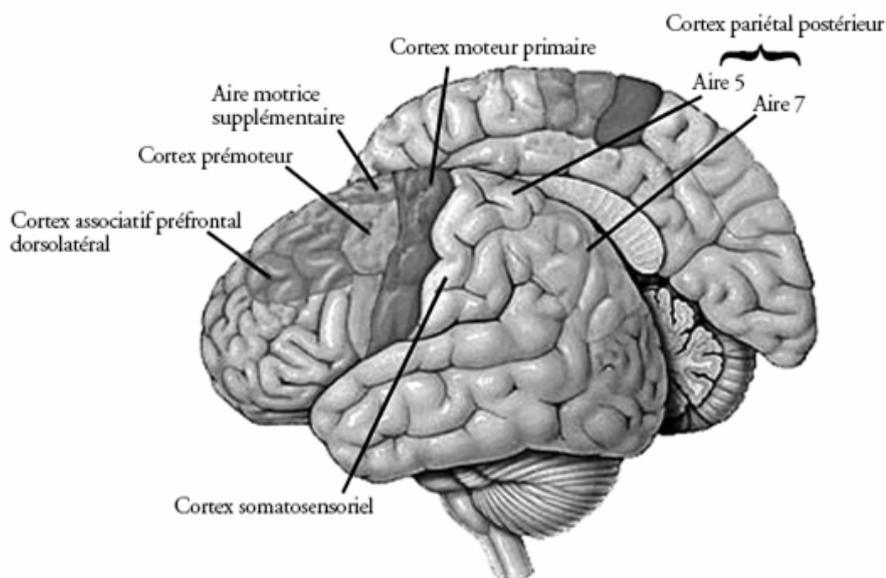
GUIARD (1988) nomme « chaîne cinétique » le fait que la PV d'une main peut servir de PR à l'autre main dans la plupart des activités quotidiennes où les deux mains sont en coopération sur un mode sériel.

Par observation de toutes ces études, FAGARD (2001) propose une classification en quatre catégories :

- **Les gestes bimanuels indépendants spatialement et temporellement** : gestes peu présents dans les activités de la vie quotidienne. Ils peuvent être qualifiés de gestes sans dépendance temporo-spatiale imposée par la tâche.
- **Les gestes bimanuels indépendants spatialement mais synchronisés** : présente dans toutes les activités musicales cette catégorie concerne les gestes pour lesquels la coordination se fait principalement sur le versant temporel même si la relation spatiale entre les deux mains reste importante.
- **Les gestes bimanuels complémentaires à rôles non différenciés** : il s'agit là de gestes semblables coordonnés de façon temporo-spatiale. Les gestes sont combinés sur le mode sériel ou parallèle de GUIARD (1988) en fonction des contraintes de la tâche.
- **Les gestes bimanuels complémentaires à rôles différenciés**: ils représentent tous les gestes bimanuels de la vie quotidienne durant lesquels la main non dominante joue un rôle plus passif de stabilisation pour permettre la manipulation par la main dominante.

2. Le siège des coordinations bimanuelles

De nombreuses aires corticales sont impliquées dans l'élaboration et la réalisation mouvement volontaire : cortex pariétal, cortex moteur primaire et secondaire et cortex préfrontal.



Coupe transversale du cerveau au niveau du corps calleux

http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2009.bazan_a&part=159022

Concernant la coordination bimanuelle, une aire et une structure cérébrale en particulier vont être « spécialisées » dans la commande et la planification d’actions motrices complexes et coordonnées : l’aire motrice supplémentaire et le corps calleux. Le cortex préfrontal, joue un rôle dans l’apprentissage de séquence motrice coordonnée (MOSCOVITH, VRIEZEN et GOTTSTEIN, 1993).

a) Rôle de l’aire motrice supplémentaire dans la CBM

L’aire motrice supplémentaire (AMS), constitue l’une des deux parties du **cortex moteur secondaire** avec l’aire prémotrice (APM). Découverte par PENFIELD et WELSH dans les années 40, elle concerne les mouvements complexes et participe à la préparation de l’action en réponse à des stimuli internes (\neq APM).

L’AMS s’étend sur les deux hémisphères cérébraux, elle a des projections dans les aires motrices ipsilatérale et controlatérale. Les AMS de ces deux hémisphères sont donc interconnectées **à travers le corps calleux**. L’augmentation de l’activité de l’AMS pendant l’action s’observe des deux côtés (ipsi et controlatéral) du fait de cette interconnexion des deux hémisphères. Ceci explique l’importance du rôle de cette aire dans les coordinations bimanuelles.

Une étude de SCHELL *et al.* (1986). a montré que les mouvements alternés et simultanés complémentaires sont altérés à la suite d'une lésion de l'AMS. Cette altération est due au rôle de l'AMS dans la transposition de la représentation mentale du geste, issue de l'intégration sensorielle, en action motrice coordonnée. La programmation de la séquence geste étant perturbée le patient n'a plus d'information coordonnée temporellement sur l'action de chaque main.

b) Rôle du corps calleux dans la CBM

Plusieurs études ont été faites sur des sujets agnésiques (FAGARD, 2001):

- En 1994, SAUERWIN & LASSONDE retrouve que **l'agénésie du corps calleux** provoque **spécifiquement des atteintes motrices de la condition bimanuelle** en opposition avec des capacités unimanuelles, droite ou gauche, relativement préservées.
- JEEVES (1988) utilise la tâche de télécran de PREILOWSKI et rend compte que les sujets font **peu de progrès au cours de l'apprentissage** et sont **dépendants des rétroactions visuelles**.
- DENNIS en 1976 observe qu'ils présentent **plus de syncinésies** avec un grand nombre de gestes en miroir et des mouvements associés ipsilatéraux. Il émet donc l'hypothèse d'un **rôle inhibiteur du corps calleux dans les mouvements associés** qui permettrait d'éliminer les excitations ipsilatérales.

Les connexions inter hémisphériques sont indispensables à la coordination bimanuelle et sont assurées par le corps calleux. Selon FAGARD, 2001 on peut résumer le rôle du corps calleux en trois grandes fonctions :

- **le transfert d'information d'un hémisphère à l'autre** qui va permettre d'homogénéiser les informations sensorielles
- la participation à la coordination motrice par **transfert d'activités inhibitrices et excitatrices** au cours d'activités motrices bilatérales (DENIS, 1976)
- la **régulation de l'attention** et la **répartition latéralisée** des tâches

La maturation des échanges inter hémisphériques peut être corrélée aux progrès de la coordination bimanuelle au cours de la petite enfance. (FAGARD, HARDY, KERVILLA & MARKS, 2001). En effet l'évolution du progrès dans le transfert inter hémisphérique facilite la coordination bimanuelle de muscles non homologues.

3. Développement de la coordination motrice bimanuelle

Un grand nombre d'habiletés gestuelles réclame une coordination bimanuelle complexe. Les habiletés bimanuelles sont indispensables à l'adaptation du sujet à son environnement. Dès les premières manipulations l'enfant se sert de ses deux mains de façon coordonnée.

Du fait de la contrainte **vers 3-4 mois** on peut observer des gestes d'approche le plus souvent bimanuels : **première période de bilatéralité**.

Vers 5-6 mois la fréquence des gestes d'approche unimanuels augmente avec l'évolution du contrôle postural et l'acquisition de la station assise : **période d'unilatéralité** (THELEN, 1992). À la fin de la première année le bébé est capable d'adapter son type d'approche de l'objet (uni- ou bimanuelle) en fonction de la taille de l'objet.

Une majorité d'approches bimanuelles complémentaires différenciées est relevée chez les enfant de 2 ans : **deuxième période de bilatéralité** (peut être liée au début de la marche).

D'après FAGARD (2001) l'approche bimanuelle de l'objet par gestes non différenciés apparaît très tôt et bien avant les premières coordinations de gestes complémentaires asymétriques.

a) Les coordinations bimanuelles indifférenciées

DIAMOND (1991) affirme que jusqu'à 10 mois les bébés ont des difficultés à ne pas activer leurs mains de façon symétrique. Cette difficulté est due à la prégnance du couplage spontané entre les deux mains chez le jeune enfant. Selon certains auteurs la **diminution de ce couplage spatio-temporel** entre les deux mains à **la fin de la première année de vie** permettrait **l'émergence des coordinations bimanuelles complémentaires différenciées** (GOLDFIELD & MICHEL, 1986).

Quant à eux , FAGARD & PEZÉ (1997) n'observent pas de baisse de couplage entre 6 et 12 mois, ils affirment alors que c'est la fréquence d'exposition des approches bimanuelles qui va favoriser l'émergence de la coordination bimanuelle complémentaire.

b) Émergence des coordinations bimanuelles différenciées

Vers la fin de la première année de vie on assiste à l'émergence de la différenciation du rôle des mains dans la manipulation bimanuelle. Chaque main possède un rôle distinct pour une manipulation unique.

L'apprentissage de coordinations bimanuelles est fonction de différentes contraintes imposées par la tâche et de leur intensité.

- **Les contraintes cognitives** d'abord puisque l'enfant doit être capable de comprendre et d'apprendre la séquence motrice mais aussi d'évaluer le résultat pour pouvoir se corriger.
- **Les contraintes motrices intrinsèques** liées à la maturation du système nerveux et à l'organisation du système neuro-moteur. On retrouve chez les enfants des contraintes de synchronie, de symétrie et des contraintes liées à l'asymétrie manuelle comme chez l'adulte. Elles gênent d'avantage les apprentissages chez l'enfant du fait du manque de maturation de leur système neuro-moteur et du développement encore inachevé de leur motricité volontaire.

Les gestes d'approches complémentaires et différenciés sont observés de façon majoritaire, par rapport aux gestes d'approches indifférenciés, au début de la deuxième année (BRUNER, 1970).

L'enfant de 2-3 ans peut apprendre de nombreuses tâches bimanuelles mais l'influence des contraintes sur l'apprentissage reste très important jusqu'à l'âge de 9-10 ans.

4. Les contraintes de la coordination bimanuelle

La notion de **contraintes** est définie par SWINNEN, WALTER, LEE & SERRIEN (1993) comme des « **limitations inhérentes au système moteur qui biaisent les tentatives de produire de nouveaux patterns de coordinations, de façon souvent prévisibles** ».

La loi de FITTS (1954) a permis de mettre en évidence **l'augmentation du temps de réaction** et du **temps moteur** dans le cadre d'une **action bimanuelle**. Cette loi a également permis d'avancer que le temps de réalisation du geste (tps réaction + tps moteur) est allongé

en cas de mouvements asymétriques. La symétrie présente donc une contrainte pour la réalisation de gestes bimanuels.

On distingue trois types de contraintes dans la coordination bimanuelle : la contrainte de symétrie, la contrainte de synchronie et la contrainte inhérente à l'asymétrie manuelle.

a) La symétrie

Du fait de l'organisation des systèmes neuro-moteurs et de l'anatomie corporelle les mains ont tendance à effectuer les gestes de façon symétrique ou « en miroir ».

ABERCROMBIE, TYSON & LINDON (1968) proposent une expérience à des enfants de 6 à 9 ans qui doivent dessiner des traits horizontaux et des cercles avec les deux mains en même temps. Tous les tracés sont effectués spontanément de manière symétrique.

La tâche de flexion-extension rythmique des doigts de KELSO *et al.* (1984) met en évidence la facilité des sujets à réaliser le mode « en phase » par rapport au mode « antiphase ». Les mouvements « en phase » s'effectuent « en miroir » et font intervenir les muscles homologues qui se contractent simultanément. Les mouvements en « antiphase » nécessitent la contraction alternée de muscles homologues. La facilitation des mouvements « en miroir » s'explique par **l'homologie de la musculature** dans l'expérience de KELSO *et al.* (1984)

L'expérience de dessins continus de lignes droites avec la main et de cercle de l'autre main de FRANZ *et al.*(1991) ajoute la notion de **codage spatial du mouvement** dans la contrainte de symétrie. L'effet d' « attracteur spatial » est à l'origine de la ressemblance des tracés observés dans l'expérience de FRANZ *et al.* D'après SEMJEN *et al.* (1995) le système de codage spatial des mouvements « en miroir » est plus cohérent car ils prennent la même direction sur le plan sagittal et sur le plan frontal contrairement aux gestes parallèles.

La contrainte de symétrie augmente avec la vitesse de réalisation de la coordination bimanuelle. Elle est très présente chez les enfants et a tendance à diminuer avec la maturation même si elle reste présente chez l'adulte.

b) La latéralité manuelle

La symétrie parfaite dans les tâches bimanuelles est très difficile à atteindre du fait des contraintes liées à la latéralité manuelle.

- *la latéralité de préférence :*

Dans les gestes complémentaires différenciés la main la plus active est la main préférée. Pour les gestes complémentaires non différenciés avec des paramètres temporels différents on note que la performance est meilleure quand la main préférée assume la part la plus rapide du geste. Enfin pour les gestes non différenciés indépendants spatialement mais synchronisés la main préférée sera en avance. (FAGARD, 2001)

Dans les situations de passage involontaire d'un rapport d'antiphase à un rapport de phase comme dans l'expérience de KELSO *et al.* (1984) la main non préférée a tendance à rejoindre la phase de la main préférée (BYBLOW & GOODMAN, 1994).

Il existe bien **une interférence entre les deux mains** qui dépend donc du rôle assuré par chaque main.

- *la latéralité hémisphérique :*

Elle désigne l'asymétrie fonctionnelle des deux hémisphères cérébraux. Chaque hémisphère organise des fonctions spécifiques et contrôle la motricité et la sensorialité de l'hémicorps opposé. Concernant la coordination bimanuelle l'**hémisphère gauche** aurait un **rôle plus important**. Il serait également plus impliqué dans les praxies et les actions séquentielles tandis que l'hémisphère droit serait plus spécialisé dans les tâches requérant une intégration spatiale.

c) La synchronie

Dans une tâche bimanuelle les deux mains ont tendance à agir de façon synchronisée c'est à dire en « même temps ». Il est plus facile de bouger les mains à la même vitesse qu'à des vitesses différentes.

La tâche du télécran de PREILOWSKI (1975) illustre bien cette notion. Dans cette tâche les sujets doivent tracer des droites sur un écran placé devant eux à l'aide de deux manivelles (axe des X et des Y). La vitesse des deux mains doit être combinée pour tracer les

angles des droites. Dès lors que les sujets doivent augmenter la vitesse d'une main sans modifier celle de l'autre **un temps d'apprentissage** leur est nécessaire.

Les **actions bimanuelles simultanées** constituent des **patterns de coordination plus stables**, elles sont donc plus faciles à réaliser. La **difficulté à désynchroniser les mouvements** est plus présente chez l'enfant et selon WOLFF et al. (1998) et VOLMAN et GEUZE (1993) c'est **entre 7 et 11 ans** que l'on peut observer les progrès les plus visibles.

Avec un effort attentionnel le sujet pourra apprendre à contrôler ses deux mains de façon indépendante pour acquérir de nouvelles synergies.

Diverses **contraintes égocentriques et allocentriques** agissent sur l'activité coordonnée des mains selon le système de référence proposé par SWINNEN en 1987.

Cette notion de contraintes s'appliquant sur les systèmes moteurs lors de la réalisation de coordinations bimanuelles rentre dans le cadre de l'explication du mouvement par la théorie dynamique. La **stabilité des patterns** de mouvements **symétriques et synchronisés** va **contraindre** la réalisation des mouvements coordonnés.

C. Trouble de la coordination manuelle et pathologies associées

1. Pathologies associées

De nombreuses pathologies peuvent affecter la motricité manuelle et plus particulièrement la coordination bimanuelle.

a) Les agénésies du corps calleux

Le **corps calleux** joue un rôle primordial dans le **transfert hémisphérique**. Une agénésie peut donc provoquer un déficit de ce transfert et un syndrome de déconnexion interhémisphérique.

Il existe différents types d'agénésies du corps calleux et toutes ne présentent pas la même sémiologie. Mais les **troubles de la coordination et des mouvements fins** sont fréquemment retrouvés. Étudiés notamment par CHIRELLO en 1980 les troubles des mouvements fins dans ces pathologies seraient dus au fait que les voies ipsilatérales contrôlent les mouvements du bras et de la main.

Le syndrome de déconnexion interhémisphérique retrouvé dans l'agénésie calleuse ou encore l'infarctus du corps calleux, est à l'origine de **perturbations** des activités gestuelles et notamment de la **coordination bimanuelle**. La difficulté de réalisation des gestes simultanés des deux mains est la manifestation la plus évidente. En revanche, les gestes synchronisés (en phase) ne sont pas atteints. Les lésions responsables du syndrome affectent la moitié du corps calleux. De ce fait, elles affectent également les fibres unissant les deux aires motrices supplémentaires (AMS) entre elles et à l'aire motrice primaire controlatérale. La tendance à produire des gestes en miroir ne peut donc plus être inhibée. (VERTSTICHEL & DEGOS, 2000).

Dans ce type d'atteinte, on peut également retrouver des apraxies spécifiques (unilatérale gauche), des **troubles de l'imitation de séquences gestuelles**, des troubles de la mémoire, ou encore des troubles de la dénomination.

b) La maladie de Parkinson

La maladie de Parkinson se caractérise par la présence de la triade symptomatique associant le plus souvent l'**akinésie**, la **rigidité** ou hypertonie et un **tremblement de repos** (HOEHN & YAHR, 1967).

Les études menées sur les capacités bimanuelles des sujets **parkinsoniens** se sont intéressées à la performance cinétique sur des tâches de coordinations bimanuelles synchronisées et alternées.

Concernant les **performances** en terme de **vitesse**, les sujets pathologiques sont plus lents que les sujets contrôles sur les tâches de « **pegboard** » et de « **tapping** » uni- et bimanuel. (BROWN *et al.*, 1993). BROWN *et al.* (1993) ne relèvent pas de différences plus importantes entre les tâches unimanuelles et bimanuelles dans le groupe de parkinsoniens par

rapport aux au groupe contrôle. Cependant, ils retrouvent des **difficultés de coordinations bimanuelles** sur les gestes bimanuels avec un rôle des mains différencié (tâche de « tapping » combinée à la tâche de « pegboard »).

La performance des sujets, en terme de **précision et de stabilité des coordinations** réalisées, a été étudiée par SERRIEN et al. en 2000. Ils proposent à des patients parkinsoniens, comparés à un groupe contrôle, de réaliser des mouvements bimanuels en phase ou en antiphase à la cadence d'un métronome. Les patients sont **plus lents et moins précis** dans le patron de coordinations en **opposition de phase** par rapport au sujets contrôles. De plus, **l'augmentation de la fréquence** des mouvements en antiphase altère fortement la performance des sujets parkinsoniens.

Le tableau clinique de la maladie de Parkinson contient donc par une **altération** significative des **coordinations bimanuelles**, aggravée par l'augmentation des contraintes de la tâche. Ce trouble de la CBM peut être l'une des manifestations de l'akinésie.

c) Le Trouble Déficitaire de l'Attention / Hyperactivité (TDA/H)

Le TDA/H est caractérisé par la triade symptomatique comportant le **trouble** de l'**attention**, l'**impulsivité** et l'**hyperactivité**. Ce tableau clinique est souvent accompagné de troubles des conduites, des incapacités d'apprentissage, des états anxieux et des états dépressifs. (ALBARET & SOPPELSA, 2007). Dans le DSM-IV les critères diagnostics du trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité s'articulent autour de deux dimensions : d'une part l'inattention et d'autre part l'hyperactivité et impulsivité.

A	<p>« La présence soit de (1), soit de (2) :</p> <p>(1) Au moins six des neuf symptômes de l'inattention doivent être présents, durant au moins 6 mois, à un degré inadapté et ne correspondant pas au niveau de développement de l'enfant.</p> <p>(2) Au moins six des neuf symptômes de l'hyperactivité-impulsivité doivent être présents, durant au moins 6 mois, à un degré inadapté et ne correspondant pas au niveau de développement de l'enfant.</p>
----------	---

B	Certains des symptômes précédents on provoqué une gêne fonctionnelle avant l'âge de 7 ans.
C	La gêne fonctionnelle doit être présente dans deux ou plus de deux types d'environnements différents (scolaire, professionnelle, social...)
D	Une altération cliniquement significative du fonctionnement social, scolaire ou professionnel doit être observée clairement.
E	Les symptômes ne surviennent pas exclusivement au cours d'un Trouble Envahissant du Développement , d'une schizophrénie ou d'un autre trouble psychotique . Ils ne sont pas non plus expliqués par un autre trouble mental (troubles thymiques, trouble anxieux, trouble dissociatif ou trouble de la personnalité) ».

D'après le modèle de KAPLAN *et al.* (1998) le TDA/H, le Trouble des Acquisitions de la Coordination (TAC) et la dyslexie sont des expressions du développement atypique du cerveau. Ils retrouvent une **comorbidité entre TAC et TDA/H** dans 70% des cas sur une étude de sujets âgés entre 8 et 18 ans.

Une étude de SZATMARI *et al.* (1989) a mis en évidence un **déficit des coordinations motrices** dans les tâches de « **pegboard** » et de traçage de labyrinthe et une **absence de régularité** dans les **tâches répétitives** avec la main de type « **tapping** ».

PITCHER *et al.* (2003) retrouvent chez les patients présentant une comorbidité TAC et TDA/H un **déficit de dextérité manuelle**. PIEK *et al.* (1999) avaient également avancé que le TDA/H pouvait être associé à des **difficultés de coordination manuelle**.

Une étude de MÉLI & SOPPLESA (2006) visant à caractériser les troubles moteurs de sujets TDA/H, TDA/H et TAC et faisant partie d'un groupe contrôle, a démontré un **déficit important** du facteur 3, **coordination manuelle**, qui regroupe 4 items faisant intervenir une activité alternative des deux membres, sur la population TDA/H. Des troubles moteurs, et notamment de motricité manuelle, seraient propres au TDA/H, indépendamment des difficultés attentionnelles et impulsives.

2. Le Trouble des Acquisitions de la Coordination

a) Présentation du TAC

Le TAC est un **trouble développemental** classifié dans le DSM-IV qui affecte la **motricité volontaire**. Il peut être défini comme «une performance motrice médiocre dans les activités de la vie quotidienne qui ne correspond ni à l'âge ni au niveau d'intelligence de l'enfant et qui n'est pas imputable à une maladie ou un accident » (GEUZE, 2005).

➤ Critères diagnostic du DSM-IV TR (APA, 1996)

A	« La performance dans les activités de la vie quotidienne qui requièrent la coordination motrice est, de façon substantielle, inférieure à ce qui est attendu avec l'âge et le QI . Cela peut se manifester par des retards prononcés vis à vis des stades du développement moteur , par le fait de renverser des objets, de la « maladresse », de médiocres performances en sport ou une écriture médiocre.
B	La perturbation décrite dans le critère A interfère de façon significative avec le niveau scolaire ou les activités de la vie quotidienne .
C	Cette perturbation n'est pas imputable à un état pathologique général , tel qu'une Infirmité Motrice Cérébral (IMC) , hémiplégie et ne répond pas aux critères du Trouble Envahissant du Développement (TED) .
D	En cas de retard mental , les difficultés motrices dépassent celles habituellement associées à celui-ci. »

➤ Sémiologie du trouble

Le TAC est un trouble hétérogène, HENDERSON (1987) identifie différents niveaux :

- l'étendue des difficultés de coordination : de l'incapacité à réaliser une quelconque action motrice à un simple déficit dans certaines activités quotidiennes ou sur le seul plan manuel

- le degré de gravité du problème : de la simple lenteur dans les activités à l'incapacité totale d'apprendre certains gestes ou de réaliser certains apprentissages.
- L'âge de début des troubles
- La présence ou non de comorbidités : isolé ou associé à un tableau de TDA/H ou dyslexie (KAPLAN et al., 1998)

Les **signes d'appels principaux** (ALBARET, *Le TAC* ; 2012):

- lenteur importante dans les activités motrices
- difficultés dans les activités de la vie quotidienne
- troubles des apprentissages scolaires

Les difficultés motrices entraînées par la présence du TAC vont avoir des **répercussions** sur la vie quotidienne et le fonctionnement des enfants qui en souffrent. Cette incoordination s'accompagne de **conséquences secondaires multiples** :

- baisse de l'estime de soi et désordres émotionnels : problèmes interpersonnels, confiance en lui...
- problèmes comportementaux et académiques au cours de la scolarité : comportement d'évitement face à certains apprentissages, refus scolaire...
- risque d'apparition de problème de santé mentale : dépression, trouble anxieux...

Tout ceci peut entraîner un découragement de l'enfant avec une importante démotivation et un isolement.

Ce trouble peut se caractériser par une **incapacité d'apprentissage moteur** étudiée par différents auteurs se basant sur le modèle de WILLINGHAM (1998). Différents modèles explicatifs du TAC ont été proposés. Celui de Sharon CERMAK (1985) est centré sur la **planification motrice et l'exécution de la tâche motrice**. D'après lui le TAC se manifeste chez l'enfant lors de confrontation à des situations d'**apprentissages nouveaux** ou **inhabituels**. L'enfant se retrouve alors **incapable de planifier, d'organiser et de coordonner son action en séquences motrices**. Il parvient à effectuer des tâches apprises dans un contexte précis mais il se retrouve en difficulté pour transférer ses apprentissages lors d'apprentissages (nouveaux) de tâches voisines.

Un déficit de généralisation spontanée des acquis caractérise les enfants porteurs de TAC qui ont besoin de répétitions et de nombreuses démonstrations pour apprendre.

b) TAC et coordinations bimanuelles

Des déficits de motricité fine et de coordination manuelle sont retrouvés chez les enfants porteurs de TAC dans de nombreuses études.

D'abord, d'après VOLMAN & GEUZE (1998) les mouvements rythmiques des doigts sont **plus variables** chez les sujets ayant un TAC que chez les sujets contrôles.

STAMBACK *et al.* (1994) retrouvent un déficit prédominant sur les épreuves de précision.

Dans une tâche de pointillage uni et bimanuelle, les sujets porteurs de TAC la **coordination bimanuelle** est **moins stable** et les tâches unimanuelles moins régulières. (GEUZE & KALVERBOER, 1993).

Le **temps de réaction** des enfants « maladroits », par rapport au groupe contrôle, est **allongé**. Ils se montrent plus lents et moins précis. (HENDERSON *et al.*, 1992)

Les déficits observés au facteur 3 du LOMDS témoignent, d'après certains items comme « enrouler le fil sur la bobine », d'une **absence de coordination des deux mains** avec une tendance à l'**exagération** du **mouvement** qui devient plus ample et inadapté. (ALBARET *et al.*, 1995 ; ALBARET, 1996).

c) Techniques de prise en charge du TAC

➤ **L'approche orientée sur le déficit**

Le but de ce type d'approche est de restaurer les fonctions altérées chez les enfants TAC afin de diminuer le déficit. On distingue trois types de technique :

- *La thérapie d'intégration sensorielle* (AYRES, 1972) : elle s'intéresse aux erreurs d'interprétation des informations sensorielles provenant du corps et de l'environnement. Cette thérapie vise à produire des réponses motrices adaptées, par différentes stimulations sensorielles et proprioceptives.
- *Les approches sensori-motrices* : elles se basent sur la relation causale existant entre le comportement moteur et les processus. Il s'agit d'exposer l'enfant à de multiples situations pour favoriser les expériences sensorimotrices et entraîner ses capacités d'intégration visuelle.

- *Les traitements orientés sur les processus* (LASZLO & BAIRSTOW, 1981) : dans cette approche on considère que le TAC résulte d'un déficit d'intégration kinesthésique (de perception du corps en mouvement). Il s'agit donc de stimuler les capacités kinesthésiques pour augmenter pour améliorer la performance motrice.

➤ **L'approche orientée sur la performance**

Ce type d'approche favorise au maximum la participation de l'enfant au sein de diverses activités et l'objectif est d'améliorer des habiletés motrices précises définies en amont avec l'enfant. Il faut donc en choisir une que l'on va apprendre à l'enfant et déterminer comment on va l'apprendre. Il existe trois types de techniques également :

- *Les interventions spécifiques sur la tâche* : elles sont utilisées pour l'apprentissage d'une tâche précise correspondant à l'habileté que l'on veut faire émerger chez l'enfant pour agrandir son répertoire d'activités motrices. C'est un travail direct sur l'activité motrice à promouvoir et non sur les processus sous jacents.
La décomposition de la tâche cible en sous-tâches élémentaires est une des modalités de ce type d'intervention.
- *Les approches cognitives* : le savoir et la compréhension de l'enfant sur la situation d'apprentissage influencent la compétence motrice et inversement. Dans cette approche, on aide l'enfant à découvrir les stratégies spécifiques aux différentes tâches qui lui permettront d'extraire des stratégies globales. La *méthode CO-OP* (ou Cognitive Orientation to Daily Occupational Performance) fait partie de ce type d'approche.
- *L'entraînement neuro-moteur à la tâche* : il s'agit là d'analyser les systèmes de contrôles déficitaires. C'est un travail directement orienté sur la tâche.

II. THÉORIE DYNAMIQUE

A. Les théories de l'apprentissage et du contrôle moteur

1. Approche cognitiviste du contrôle moteur

a) *Théories cognitives et organisation du mouvement*

Les théories cognitives apparaissent dans les années 60 et leur idée centrale est la **notion d'information**. La performance motrice résulte d'un **contrôle du système nerveux central**. Celui-ci traite les **informations** provenant des **organes sensoriels** et les **informations stockées en mémoire** pour sélectionner et exécuter la réponse motrice adéquate en fonction du but à atteindre. Cette approche interpose donc la notion de traitement de l'information entre la perception et l'action. Ce traitement transforme les données (informations) sensorielles en intention de mouvement et en **informations prescriptives** pour le système effecteur (DELIGNÈRES & NOURRIT, 1997). On peut donc distinguer **trois étapes** : la **sélection** de l'information, la **programmation** et l'**exécution contrôlée** de la réponse motrice (PAILLARD, 1985 ; REQUIN, 1980, 1991).

b) *Théories cognitivistes et apprentissage moteur*

« L'apprentissage moteur est un processus d'adaptation cognitivo-moteur, relié à la pratique et à l'expérience, favorisé par des conditions d'apprentissage, qui mènent à des changements permanents de la performance et de l'habileté motrice » (CHEVALIER, 2004).

Une **étape de mémorisation** de l'action par construction de **schèmes moteurs** (SCHMIDT, 1975) est ajoutée aux 3 étapes de PAILLARD & REQUIN pour permettre l'**apprentissage moteur**. Ces schèmes moteurs vont permettre de construire des **schèmes de rappel et de reconnaissance**.

- Les **schèmes de rappel** contiennent la « norme » constituée des expériences antérieures. Ils vont permettre de choisir le programme moteur adapté à la situation.
- Les **schèmes de reconnaissance** comportent la définition des conséquences sensorielles attendues lors de l'action. Ils vont donc permettre d'évaluer les erreurs de

réalisation aux moyens de feedbacks sensoriels pour corriger la production du mouvement. Concernant les **mouvements rapides** la correction se fait par **boucle ouverte** c'est à dire sur le mouvement suivant. Pour les **mouvements lents**, le réajustement se fait par rétrocontrôles en **boucle fermée** cours de l'exécution du mouvement.

Le concept de **programmes moteurs généralisés (PMG)** introduit par SCHMIDT (1982) renvoie au **stockage des représentations** spatio-temporelles du mouvement à réaliser. Ce sont des représentations globales et centrales du geste. Chaque classe de mouvement possède un PMG et le PGM va permettre la réalisation de coordinations. Pour les « cognitivistes » **la mémoire** est au centre de l'apprentissage moteur.

❖ Les étapes de l'apprentissage moteur :

L'approche cognitive décrit plusieurs **étapes de l'apprentissage moteur** (DELIGNIÈRE & NOURRIT, 1997):

- *Recours aux processus cognitifs inconscients* : le but de cette étape est d'élaborer un programme moteur grossier pour satisfaire aux premières exigences de la tâche. Le sujet cherche à comprendre la situation (but de la tâche et réponse organisée adaptée). Le coût attentionnel de cette phase est important pour permettre une bonne réalisation motrice.
- *Affinement du programme moteur* : « Au fur et à mesure de l'entraînement, ces programmes vont s'affiner et seront « stockés » dans la mémoire à long terme et pourront être retrouvés » (FAMOSE, 1987). La pratique va rendre ces programmes de plus en plus élaborés. Le sujet élimine les actions parasites, améliore l'organisation spatio-temporelle de son geste. L'attention réclamée diminue du fait de l'automatisation progressive des processus.
- *Automatisation complète des processus* : le recours au processus attentionnel n'est plus nécessaire, la réalisation motrice est automatisée et la performance est optimale.

❖ Les vecteurs de l'apprentissage moteur :

FAMOSE, en 2007, décrit trois éléments indispensables à l'apprentissage moteur :

- *La cognition* : les fonctions cognitives vont permettre la construction de représentations de la réalité, de l'environnement et de l'action qu'il peut avoir sur lui. Ces représentations vont guider les actions du sujet et enrichir ses raisonnements.
- *La mémorisation* : elle va permettre au sujet de revenir piocher, en temps voulu, des informations motrices stockées en mémoire lors d'expériences motrices antérieures. « L'oubli » va permettre d'éliminer les informations inutiles et la récurrence va être stimulée par répétition des actions motrices.
- *La volition* : elle va permettre de maintenir une intention jusqu'à ce qu'elle soit accomplie. D'après FAMOSE (2007), la volition protège l'intention d'apprendre en mobilisant l'investissement personnel et le maintien de l'attention et de l'effort.

❖ Les variables de l'apprentissage moteur :

Certains paramètres peuvent faciliter l'apprentissage selon les théories cognitivistes :

- *Adaptation de la quantité d'information à traiter* : le principe de progressivité de la difficulté va permettre de renforcer l'apprentissage. DURAND, FAMOSE & BERTSCH (1985) affirment que l'augmentation progressive de l'incertitude au cours de l'apprentissage rend ce dernier plus efficace.
- *Les conditions d'acquisition* : la variabilité des conditions d'acquisition d'une habileté renforce la spécificité et l'adaptabilité du programme moteur concerné.
- *Le feedback* : le feedback est nécessaire à l'apprentissage. On distingue le feedback intrinsèque (information issue de la pratique) du feedback extrinsèque (information apportée par autrui). La nature des informations reçues par le sujet peut également être de différentes natures : la connaissance des résultats (information sur les écarts par rapport à l'objectif initial) et la connaissance sur la performance (information sur les moyens utilisés pour atteindre l'objectif).

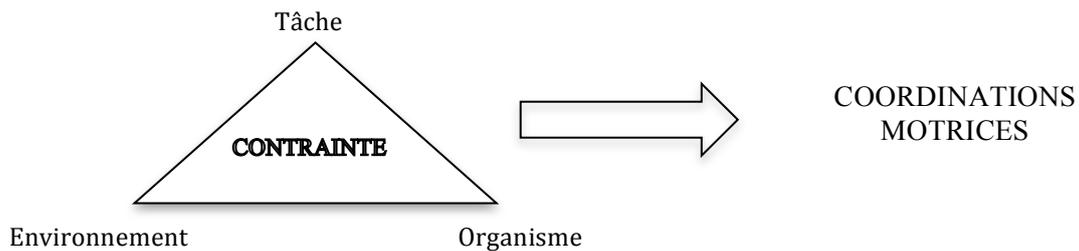
Dans le contexte cognitif, l'apprentissage moteur est considéré comme l'amélioration progressive des processus de traitement de l'information (DELIGNIÈRE & NOURRIT, 1997). Le transfert d'apprentissage correspond à la généralisation du programme moteur d'un geste à d'autres gestes lors de situations nouvelles.

2. Vers une approche dynamique du mouvement

Les théories prescriptives sont critiquées par de nombreux chercheurs dans les années 90. La principale concerne le modèle de traitement de l'information. Selon les dynamiciens, l'acte moteur complexe exige le contrôle d'un nombre de degrés trop important pour qu'ils soient programmés par une représentation centrale abstraite (BERNSTEIN, 1967).

a) Présentation de la théorie des systèmes dynamiques

Le terme « dynamique » renvoie au fait que l'on s'intéresse à des systèmes complexes qui évoluent dans le temps. Les théories dynamiques sont des théories du contrôle moteur qui se sont intéressées aux coordinations complexes. Ici, le **mouvement** n'est pas considéré comme une conséquence d'une commande centrale exhaustive mais comme une **conséquence de l'interaction entre différentes contraintes** par lesquelles le mouvement se réalise. En 1986 NEWELL propose ce schéma :



Interactions entre les différentes catégories de contraintes influençant la réalisation motrice et l'émergence de patron de coordination. (NEWELL, 1986)

Le mouvement résulte de **l'ensemble de ces contraintes** qui conduisent à des **tendances comportementales préférentielles** que l'on nomme « **attracteurs** ».

❖ **Système complexe et système d'auto-organisation :**

La théorie des systèmes dynamiques est un modèle formel qui peut s'appliquer à tous **les systèmes complexes** du moment qu'ils **évoluent dans le temps**. Un système est considéré comme complexe s'il est composé d'au moins deux éléments qui interagissent (POINCARÉ, 1889) et dont on ne peut pas prévoir l'évolution. Les systèmes complexes peuvent être de plusieurs natures : physique, chimique, biologiques ou encore sociales.

Les **contraintes** qui pèsent sur ce système complexe vont le **déséquilibrer**, le nombre d'interactions entre les différents composants (du système) augmente et on ne peut plus prévoir l'état du système qui devient « chaotique ». Les différents éléments vont alors s'organiser de façon spontanée pour retrouver un état stable. On appelle cette tendance à la **stabilité** du système le **processus d'auto-organisation**. Cette auto-organisation est une propriété des systèmes complexes loin de l'équilibre.

❖ Applications à la motricité humaine :

À partir des années 1980, la motricité humaine va être considérée comme un système complexe dissipatif qui va s'auto-organiser.

La théorie dynamique du mouvement considère **les systèmes « ouverts »** c'est à dire en **interaction avec l'environnement**. Le mouvement est alors envisagé comme la résultante des interactions entre les différentes contraintes (NEWELL, 1986). Ces **contraintes limitent les degrés de liberté** du système moteur. Elles peuvent être intrinsèques ou extrinsèques au système. **Le répertoire comportemental** préexistant chez l'individu va contraindre l'apprentissage et la persistance de nouveaux comportements. Ce répertoire constitue des **contraintes intrinsèques**. L'environnement contraint également le système en **limitant les possibilités d'action**, on parle de **contraintes extrinsèques**. **L'évolution environnementale** engendre des changements d'interactions de contraintes. Ainsi, elle éloigne constamment le système de son état d'équilibre provoquant ainsi une **évolution des comportements** humains dans le temps, c'est pour cela que la théorie est dite dynamique.

Le processus d'auto-organisation qui s'applique sur le système complexe « humain » va faire émerger des **comportements complexes adaptés** permettant ainsi la **stabilité comportementale**. Dans le cadre de l'approche dynamique de la motricité, la **stabilité** d'un système est définie comme la capacité d'un comportement à revenir spontanément à son état d'origine après une perturbation qui l'en a éloignée (HAKEN, 1983). Plus un comportement est stable, plus il aura tendance à s'imposer.

Le modèle des systèmes dynamiques va **modéliser les interactions des contraintes** pour **formaliser l'évolution des comportements** humains dans le temps.

b) Théorie des systèmes dynamiques et apprentissage moteur

Selon les théories dynamiques l'apprentissage moteur est considéré comme la maîtrise progressive des degrés de liberté du système moteur (BERNSTEIN, 1967).

❖ **Notion d'attracteurs et de stabilité :**

« **L'attracteur** » désigne les coordinations (ou pattern) préférentielles et spontanées qui émergent sous l'influence des contraintes. Les plus instables sont nommées « repellants ». La caractéristique principale des « attracteurs » est **la stabilité** (DELIGNIÈRE, 1998). On peut donc considérer que toute coordination stable attirant le système et issue du processus d'auto-organisation, constitue un attracteur.

Les tendances de coordinations préférées et stables (ou patrons intrinsèques) constituent la « **dynamique intrinsèque** » du système moteur (ZANONE & KELSO, 1992-1997). Dans ce contexte **l'apprentissage de nouveaux patrons de coordinations** se fait sur la base de patrons intrinsèques préexistants et nécessite de lutter contre ces tendances de coordinations préférées (ou attracteurs).

La dynamique intrinsèque peut être schématisée par le trajet d'une bille lâchée dans un « **paysage d'attracteurs** » (DELIGNIÈRE, 1998) (Cf. *Figure 1*). Ce paysage est caractérisé par la présence de « **vallées** », représentant les **attracteurs** et de « **collines** », représentant les **repellants (ou « répulseurs »)**. La profondeur de la vallée est proportionnelle à l'intensité de la stabilité de l'attracteur. La **trajectoire de la bille** représente **l'évolution de la coordination**.

Les patrons de coordination inexistant dans le répertoire comportemental de l'individu constituent des coordinations instables ou repellants. L'apprentissage moteur de nouveaux patrons de coordination peut être modélisé par l'ascension de la bille, initialement située au fond d'un bassin d'attraction, sur une colline. L'apprentissage et la **répétition** vont permettre **la stabilisation du patron**, qui deviendra attracteur, une fois **la coordination devenue experte**.

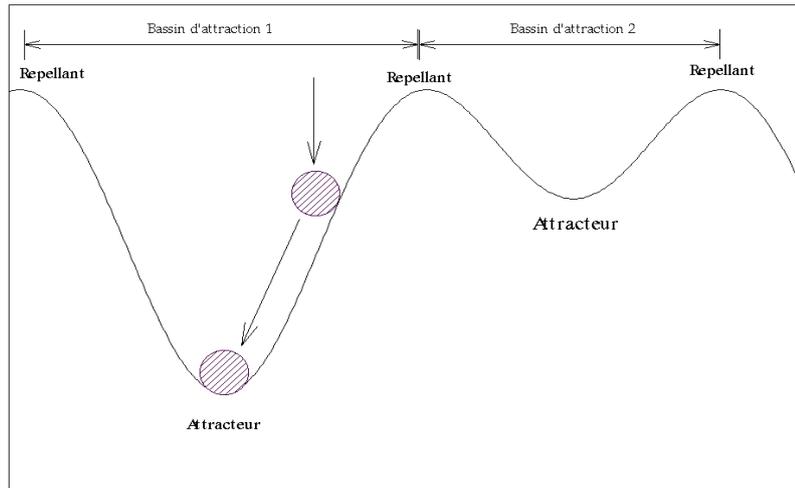


Figure 1 : Représentation schématique d'un paysage d'attracteurs (DELIGNIÈRE, 1998)

❖ Paramètre de contrôle :

Le paramètre de contrôle désigne tout facteur **non spécifique** qui va pouvoir **modifier le « paysage d'attracteur »**. L'augmentation de la qualité de la coordination en cours d'apprentissage, correspondant à la stabilisation du pattern de coordination concerné, constitue une phase appelée **bifurcation ou transition de phase** (DELIGNIÈRE, 1998).

D'après TEULIER & NOURRIT-LUCAS (2008) l'**apprentissage** pourrait donc être considéré comme une **transition de phase** entre la coordination initiale et la coordination à apprendre.

❖ Régime de compétition et de coopération :

ZANONE & KELSO (1992) distinguent **deux types d'apprentissage** : en situation de **coopération** et en situation de **compétition**.

- *Situation de coopération (ou « convergence »)*: il s'agit d'optimiser une coordination spontanée du système. L'objectif de l'apprentissage est donc **d'accroître la stabilité de l'attracteur** ou de le renforcer en faisant varier les paramètres de contrôle pertinents pour la coordination concernée (amplitude, fréquence, etc). Dans ce

contexte de « convergence » **l'apprentissage est facilité** par **l'exigence de la tâche** d'après DELIGNIÈRE (1998) ce qui contredit les théories cognitives de l'apprentissage moteur qui favorisent la facilitation et le séquençage de l'action.

- *Situation de compétition* : ce type d'apprentissage renvoie à des situations d'**acquisition de coordinations nouvelles, non naturelles**. C'est dans ce type de situation que la bifurcation apparaît. L'apparition d'une nouvelle coordination peut déstabiliser les patterns spontanés mais peut également faciliter la pratique de coordinations inexpérimentées. Dans ce contexte **l'apprentissage** est plus **coûteux** d'un point de vue **attentionnel** et les **patrons de coordinations** sont **moins stables**.

Selon les théories dynamiques il n'y a **pas de voie unique de l'apprentissage** qui est **conditionné** par les **contraintes** du milieu. (NEWELL, 1986).

L'apprentissage et la pratique modifient donc la dynamique des systèmes intrinsèques en faveur de la coordination initialement instable. La **répétition** et **l'attention** vont permettre de **renforcer la stabilité** d'un patron de coordination. (DELIGNIÈRE, 1998).

B. Théorie dynamique du mouvement et coordination bimanuelle

La coordination peut être définie comme **l'organisation spatio-temporelle des degrés de liberté du système** (DELIGNIÈRE, 2004).

Les **contraintes qui limitent les degrés de liberté du système complexe** de coordination bimanuelles sont multiples :

- les **contraintes extrinsèques** sont relatives à la tâche et à l'environnement.
- les **contraintes intrinsèques**, fonction du système moteur, sont inhérentes à la **dépendance spatio-temporelle** des deux mains (symétrie, synchronie et latéralité (FAGARD, 2001)).

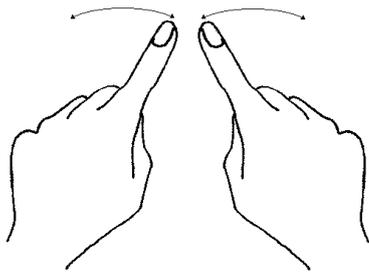
L'**interaction de ces contraintes** va faire émerger des **patterns** de coordination plus ou moins **stables** par un processus d'auto-organisation. La **coordination motrice bimanuelle** peut donc être considéré comme un phénomène spontané d'**auto-organisation** des différentes parties des membres supérieurs.

La tâche de flexion-extension de KELSO (1981,1984) (Cf. *Figure 2*) a permis d'étudier le processus d'apprentissage d'un nouveau patron en terme de changements de la dynamique de coordination (ZANONE & KELSO, 1997). On demande aux sujets de réaliser des mouvements simultanés d'adduction-abduction des index.

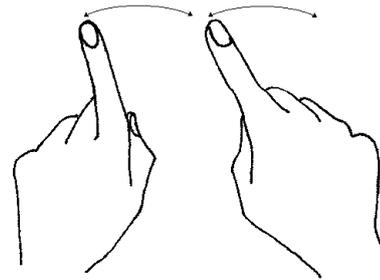
Ce type de mouvements périodiques présentent deux **modes de coordinations stables** à **basse fréquence** : en phase et en opposition de phase.

- Un patron de coordination dit **en phase** : les muscles homologues sont activés de façon simultanée. La phase relative entre les deux doigts correspond à 0° . Dans cette structure **l'augmentation de la fréquence** d'oscillation (paramètre de contrôle) ne provoque **aucune modification** : ce patron reste **stable** sur les gammes de **fréquences élevées**. (KELSO, 1981, 1984).
- Un patron de coordination **en anti-phase** : les muscles homologues sont activés alternativement et la phase relative entre les deux doigts correspond à 180° . Pour ce mode de coordination **l'augmentation de la fréquence** d'oscillation et l'atteinte d'un **seuil critique** provoquent une **transition de phase** vers le patron de coordination **en phase (0°) plus stable** dans ces conditions. Cette bifurcation s'explique par le passage d'un **dynamique bi-stable**, à basse fréquence à une **dynamique monostable**, à fréquence élevée. La **multistabilité** est donc une caractéristique des systèmes d'**auto-organisation** s'appliquant à **la coordination motrice bimanuelle**. (KELSO, 1981, 1984).

La **stabilité** des patterns de mouvements **symétriques** (« en miroir ») et **synchrones** sur les tâches de coordinations bimanuelles, a été démontrée dans ce type de tâche.



Coordination en phase (phase relative : 0°)



Coordination en antiphase (phase relative : 180°)

Figure 2 : La tâche de coordination bimanuelle (KELSO et al., 1981)

Les modalités de passage entre différents types de mouvements peuvent être révélées par l'application des théories dynamiques au contrôle et à l'apprentissage moteur. Ainsi en 2007 SOPPELSA utilise ces théories pour rendre compte des rapports entre les **mouvements continus et sériels**.

- *Les mouvements sériels* : ils désignent un enchaînement de mouvements discrets organisés pour former un tout. Les mouvements discrets désignent des tâches de courtes durées limitées dans le temps avec **un début et une fin identifiables**.
- *Les mouvements continus* : se sont des mouvements qui ne présentent « **ni de début, ni de fin identifiable avec** une continuité comportementale jusqu'à l'arrêt arbitraire du mouvement » (SCHMIDT & LEE, 2005). Dans cette catégorie on peut distinguer les mouvements continus cycliques qui correspondent à des répétitions d'actions identiques à intervalle de temps régulier et constant (SCHMIDT & LEE, 2005).

L'étude de SOPPELSA (2007) sur la réalisation de mouvements sériels bimanuels a permis d'avancer que patrons de coordination de mouvements sériels et continus constituent des états stables d'un même système. L'augmentation des contraintes entraîne une **bifurcation** du patron de coordination du mouvement sériel bimanuel **vers le patron de coordination du mouvement bimanuel continu**. Le mouvement continu apparaît donc **plus stable** que le mouvement sériel. Cette transition de phase peut être assimilée à celle observée sur la tâche de flexion-extension des index de KELSO (1984).

La **stabilité du mouvement continu** peut être utilisée dans l'apprentissage de coordination bimanuelle. **L'apprentissage d'une coordination de manière continue** sera plus bénéfique qu'un apprentissage sériel.

C. TAC et théorie dynamique du mouvement

1. Explication dynamique du fonctionnement du TAC

La coordination bimanuelle peut être décrite par la dynamique intrinsèque qui détermine la stabilité des patrons de coordination. La théorie dynamique du mouvement peut donc permettre de caractériser la dynamique de coordination des sujets porteurs de Trouble d'Acquisition de la Coordination.

VOLMAN & GEUZE (1998) proposent une tâche de flexion-extension des index (KELSO, 1981) à des sujets porteurs de TAC afin de déterminer les spécificités de la dynamique spontanée de coordination de ces sujets. Ils dégagent deux caractéristiques principales :

- **la phase relative est plus variable**, notamment dans le mode de coordination en anti-phase.
- le **passage** d'un mode de coordination à un autre se fait à des **fréquences plus basses** par rapport aux enfants contrôle.

Ils constatent donc que les **attracteurs**, de la dynamique intrinsèque du système de coordination bimanuelle chez les TAC, sont **moins puissants**.

ALBARET, ZANONE & DE CASTELNAU (2000) soumettent 5 enfants TAC à une expérience dans laquelle ils leur imposent de produire des patrons en antiphase, à des fréquences d'oscillation croissantes, sur une tâche de coordination bimanuelle. À l'issue de cette expérience ils dégagent deux groupes de TAC : ceux qui possèdent un **paysage d'attracteurs plat** et ceux qui présentent un **attracteur à 0° très puissant** ou un **attracteur à 180° très faible**. En terme de particularité de la dynamique de coordination chez les TAC ils retrouvent :

- un **tempo plus rapide**

- des **changements spontanés de patron** de coordinations en cours d'essai
- un pourcentage de temps passé en **opposition de phase proportionnel** au score obtenu au **LOMDS**
- **le patron en antiphase est moins stable** qu'en phase chez les sujets porteurs de TAC.

Les résultats de cette expérience rejoignent les conclusions de l'étude de VOLMAN & GEUZE (1998) : la **dynamique intrinsèque** caractérisant la coordination de ces enfants est plus **linéaire** que chez les autres enfants et la **faiblesse des attracteurs** provoque une tendance à la **transition continue**, entre les différents patrons, en situation de **déstabilisation** sous l'effet de contraintes.

Concernant la vitesse d'exécution deux groupes de sujets se distinguent : les sujets **lents et incoordonnés** et les sujets **rapides et incoordonnés**. La **lenteur** n'est donc **pas** une caractéristique **commune** à tous les TAC. (ALBARET, ZANONE & DE CASTELNAU, 2000).

Sur le **plan comportemental** les enfants TAC se montrent plus **variables** notamment sur les tâches de coordinations bimanuelles complexes (ALBARET, DE CASTELNAU, ZANONE & CHAIX, 2005).

2. **Prise en charge dynamique du TAC**

Ces études sur les caractéristiques de la dynamique de coordination chez l'enfant porteur de TAC ont permis de mettre en évidence les **profils moteurs spécifiques** de ce trouble et les effets des **exigences de vitesse** sur leurs réalisations motrices complexes.

Une étude de VOLMAN (1997) sur **l'apprentissage de coordinations alternées** (en opposition de phase), chez des enfants de 6 à 8 ans, a montré que la **pratique** et la **répétition** « [améliorent] la **stabilité de la coordination** de façon significative ».

ALBARET, ZANONE, DE CASTELNAU & CHAIX (2005) ont constaté, dans une étude comportant 24 sujets diagnostiqués porteurs d'un TAC, que sur une tâche attentionnelle

ces sujets commettaient plus d'omissions que les sujets contrôle. Cette observation va en faveur d'une grande **inattention**. Une **intrication** importante entre les **troubles attentionnels** et les **troubles de la coordination** est retrouvée fréquemment dans la littérature (KAPLAN *et al.*, 1998). Il faudra donc **prendre en compte** cet aspect dans la *prise en charge* de certains enfants TAC car l'entraînement spécifique des **capacités d'attention** pourrait avoir un effet stabilisateur de leur coordination. (ALBARET, ZANONE, DE CASTELNAU, CHAIX, 2005).

Au cours de l'apprentissage il sera nécessaire de proposer des situations favorisant la **stabilité des coordinations bimanuelles**. L'utilisation de coordinations possédant un certain **degré de stabilité** chez l'enfant, la **répétition** et l'**entraînement** des **capacités attentionnelles**, pour certains enfants, permettra donc de **favoriser** et de **renforcer l'apprentissage**.

Dans le cadre d'un protocole de rééducation des coordinations dynamiques générales (CDG) chez deux enfants porteurs de TAC, PEZET (2012) a observé les effets de la pratique de mouvements **continus et cycliques** dans l'apprentissage de CDG. Elle constate que ce type d'entraînement a permis une **nette amélioration de la qualité** des CDG travaillées avec ces enfants, notamment en terme de **précision et de fluidité** des mouvements. Suite à l'application de son protocole, PEZET a également constaté un **transfert d'apprentissage aux CDG non travaillées** et réalisées de façon continue et cyclique. La **vitesse de réalisation** de ces mouvements s'est également vue **augmentée**.

L'**apprentissage** ou le renforcement de nouvelles CDG chez l'enfant porteur de TAC serait donc **favorisé par la pratique de mouvements continus et cycliques**.

PARTIE PRATIQUE

I. Introduction de la partie pratique

La démarche rééducative des coordinations telle que l'avait envisagée PEZET n'avait pas été réalisée sur l'apprentissage de coordinations bimanuelles. C'est pourquoi je me suis penchée sur le sujet.

Mon protocole est composé de quatre exercices et les enfants ayant participé sont tous porteurs d'un TAC. L'objectif de ce dernier est d'observer les éventuels effets de la pratique de mouvements cycliques et continus dans l'apprentissage de quatre coordinations bimanuelles pour ces enfants. Il s'agit donc de proposer une répétition successive de ces coordinations effectuées de manière globale c'est à dire sans séquencer le mouvement et sans l'arrêter.

Pour pouvoir observer une éventuelle évolution, une évaluation est réalisée en début et en fin de protocole. La question des effets collatéraux de la pratique de ces exercices sera aussi analysée car une potentielle généralisation est attendue sur d'autres coordinations bimanuelles, sur la motricité manuelle de façon plus générale.

Nous détaillerons donc le protocole et ses modalités et analyserons les résultats obtenus par l'évaluation afin d'émettre des hypothèses et tenter de proposer une interprétation.

II. Présentation du protocole et de la population

A. Organisation du protocole

1. Répartition et durée des séances

Les exercices sont reproduits à chaque séance durant 5 séances consécutives. Trois essais sont effectués pour chaque exercice avec un temps de repos entre chaque essai et chaque exercice. La totalité du protocole occupe en moyenne 20-25 minutes sur chaque séance de psychomotricité. Le reste de la séance servira à travailler les autres difficultés éventuelles de l'enfant hormis celles concernant les domaines de la motricité et du graphisme.

2. Description et choix des Coordinations Bimanuelles

Quatre coordinations bimanuelles ont été proposées : reboucher les feutres, accrocher les pinces à linge, retourner les cartes et retourner les verres. Le choix de ces exercices s'est fait selon plusieurs critères : tout d'abord le domaine des coordinations bimanuelles regroupe un ensemble de paramètres relativement vaste. Afin d'évaluer le plus sensiblement possible les effets du protocole proposé, j'ai décidé de cibler une seule composante de la coordination bimanuelle. Ainsi, j'ai donc choisi des coordinations ne faisant varier que la relation temporelle entre les deux mains, c'est à dire que les gestes sont effectués de manière synchronisée ou désynchronisée. Pour les exercices « Accrocher les pinces à linge » et « Reboucher les feutres », les deux mains agissent de façon synchronisée tandis que pour les exercices « Retourner les cartes » et « Retourner les verres » l'action des membres doit être désynchronisée. La relation spatiale entre les mains ne varie pas, ce qui signifie que les gestes sont effectués « en miroir ».

Ensuite, ces trois coordinations sont saturées en paramètres présents dans toutes coordinations bimanuelles. Ce choix me permet également de remplir les contraintes inhérentes à la pratique de mouvements continus et cycliques. Ces coordinations bimanuelles peuvent être répétées de façons rythmées et régulières ce qui constitue bien des mouvements cycliques et continus comme définis dans la partie théorique.

Le domaine de la motricité manuelle est vaste. J'ai donc également choisi de proposer des exercices portant sur la dextérité manuelle pour deux d'entre eux (« Reboucher les feutres » et « Retourner les verres ») et la dextérité digitale pour les deux autres (« Accrocher les pinces à linge » et « Retourner les cartes »).

Le matériel choisi est simple, familier pour tous les enfants participant au protocole et accessible à tous les professionnels.

❖ « **Reboucher les feutres** » : comme son nom l'indiquer, cet exercice consiste à reboucher 10 feutres, un par un, placés devant l'enfant. Les feutres sont positionnés à 5 cm les uns des autres et le feutre est placé à 15 cm de son bouchon. La pointe du feutre est placée à droite du bouchon. (Cf. Photo n°1). Dans cet exercice la vitesse n'est pas un critère imposé à l'enfant.

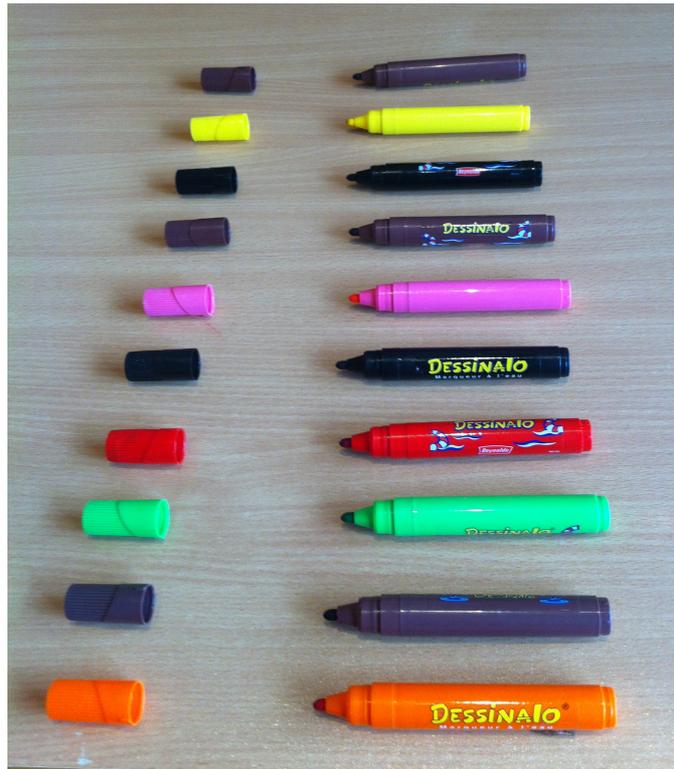


Photo n° 1

L'enfant doit saisir le bouchon dans une main et le feutre dans l'autre et ses deux mains doivent se rapprocher en même temps de manière synchronisée. Une fois rebouché le feutre sera reposé devant l'enfant. Il reproduit le geste 10 fois.

Consignes :

« Tu as devant toi une rangée de 10 feutres débouchés. Tu vas devoir les reboucher les uns après les autres du plus près au plus loin en prenant en même temps le bouchon dans une main et le feutre dans l'autre. Les deux mains doivent aussi se rapprocher en même temps. Tes poignets ne doivent pas toucher le bureau. Une fois rebouché, dépose le feutre devant toi et passe au suivant. Enchaîne les feutres les uns après les autres sans t'arrêter. »

Cet exercice remplit donc les caractéristiques propres aux CBM et sollicite différents domaines psychomoteurs :

D'abord, il exige une simultanéité d'action des deux mains concernant les relations temporelles entre celles-ci. Des **gestes synchronisés** sont toujours dépendants de façon

spatio-temporelle. La **contrainte de symétrie** est limitée puisque les mouvements à effectuer sont symétriques ou en « miroir ».

La **contrainte de la latéralité** est prise en compte puisque la disposition des feutres est relative à la dominance latérale de l'enfant. Le feutre est un objet écologique pour des enfants de leur âge, ils sont largement utilisés. La préférence latérale nous indique le membre qui tient l'outil scripteur ainsi pour les droitiers les feutres sont disposés à droite et les bouchons à gauche et inversement.

Cet exercice exige également une certaine **régulation tonique** : la prise du feutre, la force appliquée lors du rebouchage, etc. La position spatiale du feutre nécessite un réajustement tonique à chaque nouveau feutre. La vitesse d'exécution et la précision du geste dépendent en partie de l'adaptation tonique. La modulation du tonus est intégrée dans la cyclicité.

La **coordination visuo-manuelle** intervient dans les gestes de visée mais aussi de saisie. Elle a une incidence dans la précision du geste. La CVM est nécessaire à la réalisation de CBM.

L'anticipation posturale : afin de réaliser les gestes les plus précis possibles, par exemple, l'enfant doit anticiper la prise du feutre suivant pour éviter les erreurs de prise, de symétrie ou encore la désorganisation de la rangée de feutre. Les feutres étant placés les uns derrière les autres, devant lui, la posture va devoir être adaptée au cours de l'enchaînement

L'organisation spatiale : l'enfant doit repérer la position des feutres et des bouchons pour ne pas perdre en synchronie et en précision. Il doit donc intégrer les relations spatiales établies entre les feutres, entre les feutres et leur bouchon mais également entre son corps (son tronc, ses membres supérieurs) et les feutres. Cette intégration améliorera la répétition rythmée, régulière et continue du geste.

La dextérité manuelle : les feutres choisis sont des feutres de 1,5 cm de diamètre pour éviter une sollicitation trop importante du domaine de la dextérité digitale. Les mouvements des bras, des avant bras et des épaules sont impliqués pour reboucher les 10 feutres. La précision exigée par la tâche amène l'enfant à exercer cette habileté motrice.

❖ « **Accrocher des pinces à linge** » : 20 pinces à linge sont placées sur un carton accroché en bord de table devant lui : 10 à droite et 10 à gauche espacées de 10 cm. (Cf. Photo n°2). Une couleur est attribuée à chaque côté afin de bien les distinguer.



Photo n°2



Photo n°3

L'enfant doit les décrocher deux par deux (une avec la main droite et une avec la main gauche), les pincer ensemble de manière croisée puis les déposer devant lui. (cf. Photo n°3). Cet enchaînement doit se faire de façon synchronisée. Il reproduit l'action 10 fois, jusqu'à épuisement des pinces à linge.

Consignes :

« Cette fois-ci aussi, tes deux mains vont travailler en même temps. Tu as 20 pinces à linge en face de toi : 10 à droite et 10 à gauche. Tu vas devoir décrocher les pinces à linge du carton avec les deux mains en même temps: les pinces à linge à ta droite avec ta main droite et celles de gauche avec ta main gauche de extérieur vers l'intérieur. Ensuite, tu dois les accrocher ensemble croisées, toujours les deux mains en même temps. Quand tu les as accrochées, pose les devant toi et recommence jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de pinces à linge. Attention, tu ne dois prendre qu'une pince à linge à la fois. Essaie de ne pas t'arrêter et d'enchaîner les pinces à linge. »

Cet exercice présente des **contraintes temporelles et spatiales** inhérentes à la CBM.

La tâche demandée exige une synchronisation des membres supérieurs qui doivent agir simultanément. Les gestes sont réalisés en symétrie du fait de la disposition des pinces à linge.

La **contrainte de la latéralité** est réduite ici puisque les mains des rôles indifférenciés : les deux mains décrochent les pinces à linge de la même manière et les accrochent de la même manière.

Les domaines psychomoteurs travaillés sont les mêmes que ceux des autres CBM.

La **régulation tonique** : elle commence par la prise de la pince à linge. Du fait de sa forme et de sa fonction première le tonus doit être modulé dès la prise de l'objet. Il doit être suffisamment important pour que la pince se décroche sans qu'elle échappe des mains de l'enfant. Ensuite le tonus doit de nouveau être ajusté pour la maintenir ouverte jusqu'à l'accrochage et finalement pour refermer les pinces de façon simultanée.

La **coordination visuo-manuelle** intervient dans la saisie des pinces mais surtout au moment où l'enfant doit les croiser ensemble. Elle a donc, de nouveau, des répercussions dans la précision du geste.

L'anticipation posturale : de la même manière que pour l'exercice des feutres, dans un souci de précision, l'enfant doit anticiper la prise de la pince suivante alors même qu'il termine le premier mouvement. Tout au long de l'exercice, la posture va devoir être adaptée en anticipant le geste à venir : bascule interne de l'épaule et extension du coude pour accrocher les pinces et bascule externe et flexion du coude pour les décrocher. Cette anticipation peut participer à la mise en place de la rythmicité et de la répétition régulière des séquences de l'enchaînement.

L'organisation spatiale : la disposition des pinces doit être intégrée pour ne pas perdre en synchronie et en précision. Comme pour les différents exercices l'intégration des différentes relations spatiales intervenant dans la réalisation de la tâche améliorera la cyclicité et la régularité des séquences motrices.

La dextérité digitale : la prise d'une pince à linge nécessite une bonne régulation tonique mais également une certaine habileté digitale. Elle exige la participation active du pouce en opposition aux autres doigts qui doivent rester fixes pour constituer un support à la prise. Les mouvements des bras, des avant bras et des épaules sont concernés dans une moindre mesure

par rapport à l'exercice avec les feutres ou les verres. De nouveau, le contrôle moteur et la précision exigés par la tâche sollicitent cette habileté motrice.

❖ « **Retourner les cartes** » : deux tas de 20 cartes sont positionnés devant l'enfant espacés de 10 cm. Quatre cartes sont disposées à une distance de 5 cm autour des tas : une à droite du tas de droite, une à gauche de celui de gauche et une au dessus de chaque tas. Ces cartes serviront de repères aux enfants (Cf. Photo n°4).



Photo n°4

L'enfant doit retourner les cartes les unes après les autres. La main dominante doit retourner deux cartes : une au dessus puis une sur le côté. La main non dominante effectue le même enchaînement : une au dessus puis une sur le côté. Les deux mains agissent l'une après l'autre en alternance, de façon désynchronisée : l'enfant retourne deux cartes avec la main dominante puis avec la non dominante. Les deux cartes retournées ne doivent pas s'entrecouper. L'enfant ne doit retourner qu'une carte à la fois et respecter l'enchaînement et ce jusqu'à épuisement des tas de cartes.

Consignes :

« Tu vas devoir retourner les cartes une par une. Les deux mains travaillent l'une après l'autre : la main droite retourne les cartes du tas de droite en mettant une carte au dessus puis une carte sur le côté. Ensuite la main gauche retournera les cartes du tas de gauche en mettant une carte au dessus puis une carte à côté du tas. D'abord une main puis l'autre. Tu ne peux

pas prendre 2 cartes en même temps. Essaie d'enchaîner les cartes sans t'arrêter même si tu te trompes essaye de ne pas t'arrêter. »

La **contrainte de la latéralité** est limitée puisque dans cet exercice les deux mains effectuent exactement les mêmes gestes ou séquences de gestes l'une après l'autre. Le rôle propre à chaque main est donc identique. Cette contrainte pourra permettre d'expliquer les différences de qualité et de précision de la séquence motrice entre la main dominante et la main non dominante.

Les domaines psychomoteurs travaillés :

La **régulation tonique** : elle intervient tout au long de l'exercice notamment pour la précision du geste et l'enchaînement des séquences motrices, lors de la prise des cartes et surtout dans la précision de la distribution. Cette régulation permettra la fluidité de chaque coordination et par conséquent de leur enchaînement par répétition.

La **coordination visuo-manuelle** nécessaire à toutes coordinations bimanuelles intervient dans cet exercice notamment dans l'ajustement de l'effecteur à l'objet « carte » et surtout dans la dépose de la carte à distribuer sur la carte repère. Elle participe à la précision du mouvement.

L'anticipation posturale : l'acte de distribuer une carte comporte plusieurs étapes durant lesquelles l'anticipation posturale va être importante pour permettre la fluidité de la coordination. « Distribuer », au sens où nous l'entendons dans cet exercice, correspond à la séquence motrice : « Prendre une carte, la retourner et la déposer sur une autre carte ». Ici, une coordination correspond à quatre séquences motrices. À chaque étape de la séquence, l'anticipation posturale est nécessaire et dissemblable. Elle sera également différente au sein d'une même coordination c'est à dire entre deux séquences motrices puisqu'il s'agit de déposer la carte une fois au dessus, une fois sur le côté. Cette anticipation va permettre à l'enfant d'augmenter la fluidité des séquences motrices et de leur enchaînement. Elle participera ainsi à la mise en place de la rythmicité et de la régularité des répétitions des coordinations. L'anticipation posturale sera en partie permise par l'intégration des relations spatiales entre les objets et entre le corps et les objets.

L'organisation spatiale : les cartes sont disposées d'une certaine façon : deux tas de 20 cartes avec une carte au-dessus et à côté de chacun d'eux (Cf. Photo n°4) Cette disposition devra être intégrée pour augmenter la précision des gestes et leur fluidité. Les relations spatiales entre les cartes devront être perçues, l'organisation spatiale du corps et des effecteurs dans les mouvements devra intégrer ses contraintes spatiales. L'intégration des relations spatiales et l'organisation spatiale du geste participeront à l'amélioration de la précision, de la fluidité, de la rythmicité et de la continuité.

La dextérité digitale : la prise adéquate de la carte exige une précision particulière impliquant de bonnes capacités digitales. Cet exercice permet donc d'exercer l'habileté digitale. Le rôle actif du pouce dans les tâches de distribution participe au déliement digital. Plus cette dextérité sera efficace, plus le geste et la séquence seront précis et fluides. Dès lors, cette composante participe également à la régularité des répétitions de coordinations.

❖ « **Retourner les verres** » : Quatre verres sont positionnés devant l'enfant, deux à droite (bleu et jaune) et deux à gauche (orange et vert). Ces verres sont numérotés de 1 à 4. (Cf. Photo n°5

V ← 10 cm → O ← 15 cm → B ← 10 cm → J



Photo n°5

L'enfant doit retourner les verres dans l'ordre numérolgique, alternant ainsi un geste avec la main droite puis avec la main gauche. Un enchainement consiste à retourner les 4 verres soit deux gestes de la main droite puis deux de la main gauche de façon désynchronisée. L'enfant doit retourner les verres sur les repères positionnés sur le bureau

(gommettes). Il ne peut s'aider ni du bureau ni de son autre main et reproduit l'enchaînement 10 fois sans contrainte de rapidité juste sans s'arrêter.

Consignes :

« Tu as quatre verres devant toi : un bleu et un jaune à droite, un orange et un vert à gauche. Tu dois retourner tous les verres les uns après les autres dans l'ordre de 1 jusqu'à 4 puis tu recommences. La main droite retourne les verres de droite (le bleu et le jaune) et la main gauche ceux de gauche (le orange et le vert). Les mains travaillent l'une après l'autre. Pour retourner un verre, tu ne peux t'aider ni du bureau, ni de l'autre main. Tu vas le faire 10 fois. C'est moi qui vais compter à haute voix donc tu t'arrêteras à 10.

Si tu te trompes, ce n'est pas grave, continue, essaye de ne pas t'arrêter et d'enchaîner les gestes. »

Dans cet exercice, la tâche exige que les mains agissent l'une après l'autre, c'est à dire de façon désynchronisée ou en alternance. La relation spatiale entre les deux mains ne varie pas puisqu'elles agissent en « miroir » tout au long de la séquence motrice : la main droite retourne le verre 1 puis la main gauche le 2 puis la main droite le 3 et enfin la gauche le verre 4 (sujet droitier). (Cf. Photo n°5).

La **contrainte de la latéralité manuelle** est considérée puisque le premier verre retourné (celui qui porte le n°1) est situé du côté de la main préférée (droite pour les droitiers et gauche pour les gauchers). Chaque main retourne deux verres situés du côté de l'hémicorps concerné.

Les domaines psychomoteurs travaillés sont les mêmes que ceux des autres CBM :

La **régulation tonique** : le tonus doit être modulé au cours de l'épreuve. La saisie du verre à l'endroit et celle du verre à l'envers nécessite des adaptations toniques différentes. L'enfant doit être capable de s'ajuster une séquence sur deux (verres à l'endroit puis à l'envers). Le tonus doit être suffisant pour saisir et tenir le verre tout au long du retournement sans que l'autre main ne vienne l'aider et sans que le verre chute.

La **coordination visuo-manuelle** intervient dans la prise des verres et leurs repositionnements qui doivent être sensiblement situés autour des gommettes collées sur le bureau. La précision et la symétrie du geste en dépendent essentiellement.

L'anticipation posturale : de la même manière que pour les autres exercices, pour assurer la précision du geste et sa bonne réalisation la posture devra être adaptée en anticipant le geste à venir et l'enchaînement qui suit. Dans cet exercice la forme du verre va exiger de l'enfant un effort supplémentaire concernant l'anticipation posturale. En effet, l'orientation des verres (à l'endroit ou à l'envers) et leur position (intérieure ou extérieure) peuvent faire varier la prise. On a ainsi pu observer une modification des approches de la main (en pronation ou en supination) en fonction de ces deux facteurs. Cette anticipation a donc participé à la mise en place de la rythmicité et de la répétition régulière des séquences de l'enchaînement.

L'organisation spatiale : la position des verres doit être intégrée par l'enfant puisqu'il doit les reposer dans la zone où il les a pris. Une gommette a été placée sous chaque verre pour servir de repère lors de l'exercice. Cet aménagement a été instauré après observation d'importantes déviations de la position des verres entre le début et la fin de l'essai. Cette intégration spatiale concerne les verres de droite et de gauche mais également les deux verres de droite et de gauche. La position du corps et des effecteurs (bras ou main) doit aussi être prise en compte pour pouvoir prendre et reposer les verre de façon précise. La prise devra être adaptée au verre. Cette intégration améliorera la répétition rythmée, régulière et continue du geste.

La dextérité manuelle : la taille des verres et le mouvement de retournement exigé font intervenir des mouvements de bras et d'avant bras impliquant ainsi l'épaule, le coude, le poignet mais également des mouvements de la main. La précision de la tâche dépend de la capacité de l'enfant à adapter son geste d'approche. Elle dépend aussi de cette habileté manuelle lors de la séquence d'action qui correspond à prendre un verre, le retourner et le reposer à la même place.

3. Méthodes d'apprentissage

- ◆ **Le choix des consignes** s'est fait selon plusieurs paramètres. Les consignes informent l'enfant du but de l'exercice et de ce qu'il est autorisé ou pas de faire

pendant l'exercice pour le réussir. Les consignes se veulent concises et précises et seront répétées à l'enfant à chaque séance avant de commencer l'exercice. À chaque erreur la partie de la consigne concernant l'erreur sera répétée à l'enfant à la fin de l'essai.

- ◆ **La démonstration** de l'exercice est proposée à l'enfant, une fois, à chaque début d'exercice après la consigne.

- ◆ **La pratique de mouvements répétés** suffisamment longtemps doit mettre en exergue les erreurs, les amplifier. Ainsi, l'enfant peut avoir l'opportunité de détecter lui-même ses erreurs et tenter de les corriger. Il est donc amené à trouver lui-même des stratégies lui permettant de réaliser les coordinations demandées en prenant compte des contraintes qui lui sont imposées.

- ◆ **Les contraintes** qui s'imposent à l'action de l'enfant concernent la tâche et l'environnement et sont de différentes natures. Dans un premier temps la tâche est contrainte par le matériel que l'enfant doit utiliser (taille, matière, forme, texture, etc.) et par la disposition de celui-ci : symétrie dans la disposition des pinces à linge, des verres, des cartes et des feutres. La consigne donnée à l'enfant présente également une contrainte sur la tâche, elle indique précisément ce qu'il est autorisé ou non de faire : une carte à la fois, les deux mains en même temps, une après l'autre, etc...

- ◆ Pour certains exercices, des **aménagements** ont été mis en place pour préciser les gestes. Ceux-ci présentent une contrainte supplémentaire mais ciblée sur l'environnement :
 - Des gommettes collées sur le bureau ont été mises en place pour limiter les écarts de positions au moment de la dépose du verre. Ces gommettes ont été placées sous les verres et servent à localiser la dépose une fois le verre retourné.

 - Des cartes « repères » ont aussi été instaurées dès la 2^{ème} séance pour indiquer à l'enfant l'emplacement de celles-ci. Cette aide n'intervient ni dans la séquence de

mouvements ni dans l’alternance des gestes, elle sert juste à limiter l’espace de la dépose de chaque carte constituant la séquence.

B. Présentation de la population

1. Étude de cas de Clara

➤ Anamnèse

[REDACTED]

■ Histoire de la démarche de soin

- [REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

•

■ ■ ■ psychologique

Ce bilan réalisé en ■ ■ ■ actualisait un important problème de lenteur qui handicapait Clara dans ses apprentissages. Il met en évidence des capacités meilleures en Verbal qu'en performance avec une dysharmonie significative et une hétérogénéité des résultats.

WISC IV :

QIT = 83 ; ICV = 98 ; IRP = 94 ; IMT = 91 ; IVT = 62

Au niveau verbal : les capacités de représentation mentale en présence de situations concrètes (symboles chiffrés) sont bonnes. Le registre lexical est étendu, les capacités à acquérir des connaissances verbales également sont bonnes. Cependant, les capacités d'écoute et/ou de mémorisation d'information présentent des difficultés.

Au niveau performance : les capacités à ordonner logiquement et temporellement une situation sont moyennes. Il en est de même pour les capacités d'analyse, de synthèse, de représentation mentale et d'abstraction. On note de légères difficultés d'organisation spatiale. Les capacités d'apprentissage sont réduites, l'aptitude graphomotrice est très faible.

➤ **Bilan psychomoteur**

Le dernier bilan psychomoteur est réalisé en ■ ■ ■ Clara est suivie une fois par semaine en libéral.

Développement moteur :

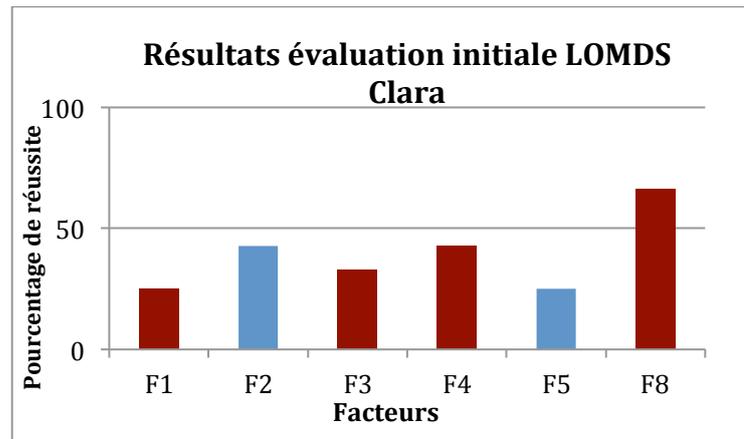
Le *Lincoln Osertsky* met en évidence d'importantes difficultés de motricité fine et globale.

Score global = - 2,4 DS

Analyse factorielle :

- **Facteur 1** (Contrôle précision) : **25% de réussite**
- **Facteur 2** (Coordinations globales) : **42,8% de réussite**
- **Facteur 3** (Activité alternative des deux membres) : **33% de réussite**
- **Facteur 4** (Vitesse des mouvements poignets et doigts) : **42,8 % de réussite**
- **Facteur 5** (Équilibre) : **25% de réussite**

- Facteur 8 (Motricité manuelle) : 66% de réussite



En rouge sont notés les facteurs qui nous intéressent dans le cadre de la coordination bimanuelle.

Le tonus de fond est adapté, mais l'accès à la détente par manipulation reste difficile. On observe des syncinésies de type crispation sur les deux membres supérieurs lors de l'épreuve de diadocosynésie.

Praxies idéomotrices : Le test d'imitation de gestes de Bergès Lézine rend compte de bonnes capacités idéopraxiques.

Gestes complexes : 16/16

Latéralité : homogène à droite (main, pied, œil)

La connaissance droit/gauche est acquise sur soi, sur autrui et par transfert sur plan. Clara explique la réversibilité.

Espace/temps :

Les notions spatiales de base ainsi que les formes géométriques sont maîtrisées. Clara apparaît à l'aise avec les notions temporo-spatiales avant/après. Le repérage temporel est acquis.

Visuoperception : Vitesse de discrimination perceptive

Le *Thurstone* souligne des capacités normales faibles. Clara est pénalisée par sa lenteur.

Score = - 1,7 DS

Visuoconstruction :

La *figure de Rey* atteste de compétences visuoconstructives en 2D dans la norme.

Copie :

- **Score = - 0,4 DS**
- **Temps = centile 50**
- **Type de copie IV = centile 50**

Mémoire :

- **score = - 0,1 DS**
- **type IV = centile 50**

Graphisme :

L'outil scripteur est maintenu à droite avec prise tripodique (mature). La posture n'est pas adaptée (tête posée sur avant-bras gauche).

L'épreuve de vitesse d'écriture d'*Ajurriaguerra* montre une lenteur graphique avec incapacité d'accélérer.

Vitesse normale = 44 lettres/min soit moyenne des CE2

Vitesse accélérée = 57 lettres/min soit quartile inférieur des CE2

Attention soutenue :

Le test *D2* permet d'observer une lenteur de balayage visuel mais qui semble au profit de la précision car Clara commet peu d'erreur.

Vitesse = centile 1,8 Précision = centile 50

Régularité = centile 57 Rendement = centile 2,3

Planification/ fonctions exécutives :

La *Tour de Londres* permet d'observer quelques difficultés de planification avec une vitesse de résolution normale faible.

Score Krikorian = - 1,2 DS

Score Anderson = - 0,6 DS

Le *Laby 5-12* ne montre pas d'impulsivité cognitive.

Indice général d'erreur = - 0,1 DS

Indice d'inhibition = 0,4 DS

Indice d'aversion pour le délais = + 0,14 DS

Conclusion : ce bilan met donc en évidence une dyspraxie motrice affectant la motricité fine et globale avec un déficit de planification. Au regard des résultats au LOMDS, on peut avancer le diagnostique de TAC. Clara apparaît toujours lente mais cette lenteur semble tout de même bénéfique au vu de la progression observée sur les épreuves attentionnelles.

Épreuves complémentaires proposées dans le cadre du protocole :

- ❖ Épreuve de graphisme : Le **BHK**

Score total (score de dégradation) = 0,5 DS

Vitesse = - 0,9 DS

Score non significatif d'une dysgraphie. Clara présente une importante lenteur d'écriture. L'écriture sur ligne plane est compliquée et la production écrite est un peu grande.

- ❖ Épreuve de motricité manuelle (dextérité digitale et manuelle) : **PURDUE PEGBOARD**

Scores obtenus	Somme 3 essais	Essai 1	Essai 3
Main dominante (MD)	- 2,4 DS	- 2,3 DS	- 1,9 DS
Main non dominante (MND)	- 2 DS	- 1,5 DS	- 2,2 DS
Deux mains (simultanées) (2M)	- 2 DS	- 1,5 DS	- 1,6 DS
MD + MND + 2M	- 2,4 DS	- 2,2 DS	- 2, 4 DS
Assemblage	- 2,2 DS	- 2,5 DS	- 1,9 DS

2. Étude de cas de Matéo

➤ Anamnèse

Matéo est né le en [REDACTED] Il est [REDACTED]
[REDACTED]

On ne note pas de retard dans les acquisitions psychomotrices précoces mais il a toujours été constaté des difficultés motrices de type maladresse chez Matéo.

On ne relève aucun antécédent médical et familial.

➤ **Scolarité**

Actuellement scolarisé en ■■■■■ Matéo est décrit comme un enfant calme et effacé. Sur le plan scolaire, il a de bons résultats scolaires. C'est un enfant d'une grande sensibilité qui semble heureux d'aller à l'école.

En ■■■■■ (à l'époque du premier bilan psychomoteur) la maitresse retrouve des difficultés motrices en géométrie où la manipulation des objets est difficile malgré sa bonne compréhension des notions. Matéo est également décrit comme un enfant relativement lent et fatigable. Elle relève également des difficultés en EPS : Matéo a du mal à se positionner dans l'espace jeu et à manier des engins (ex : rattraper le volant ou servir au badminton).

Des difficultés résident surtout pour lui dans l'écriture. Matéo a une écriture grosse et serrée même si cela reste lisible.

Matéo fait part de sa gêne à l'école en écriture et de son manque d'attrait pour le sport.

➤ **Bilan psychométrique**

Un *WISC IV* est réalisé en Août 2008. Matéo est alors âgé de 6 ans et 5 mois.

QIV = 125 ; QIP = 118 ; QI total = 124

➤ **Bilan psychomoteur**

Le dernier bilan psychomoteur a été réalisé en Février 2012 Matéo est alors âgé de 10 ans et 1 mois.

Matéo est adressé sur les conseils de la psychologue suite aux difficultés rencontrées à l'école.

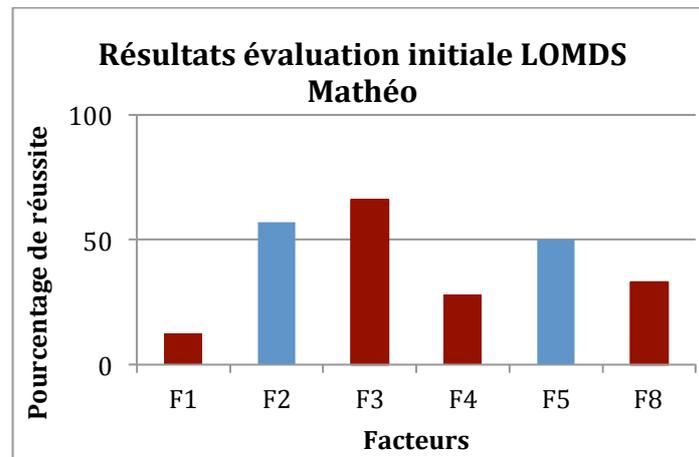
Développement moteur : *Lincoln Oseretsky*

Score globale = - 3,5 DS

Analyse factorielle :

- **Facteur 1** (Contrôle précision) : **25% de réussite**
- **Facteur 2** (Coordinations globales) : **26% de réussite**
- **Facteur 3** (Activité alternative des deux membres) : **33% de réussite**
- Facteur 4 (Vitesse des mouvements poignets et doigts) : 57% de réussite
- **Facteur 5** (Équilibre) : **25% de réussite**

- **Facteur 8 (Motricité manuelle) : 66% de réussite**



En rouge sont notés les facteurs qui nous intéressent dans le cadre de la coordination bimanuelle.

On note la présence d'une raideur, un manque de fluidité et de tonicité dans l'action motrice. Matéo a du mal à bien positionner ses différents segments corporels dans l'espace. On observe également un temps de latence avant l'action mais Matéo persévère.

A niveau du tonus, le relâchement musculaire volontaire est fluctuant et la résistance à la poussée impossible.

Praxies idéomotrices : *imitation de gestes* de Bergès Lézine

Gestes complexes : 13/16

Ce qui révèle des difficultés de praxies idéomotrices et qui va dans le sens d'une dyspraxie idéomotrice.

Latéralité : droite pour le pied et la main et gauche pour l'œil.

Les notions droite/gauche sont intégrées sur lui, sur autrui et sur un plan. Matéo explique la réversibilité.

Espace/temps :

Les repères spatiaux et temporels attendus à son âge sont maîtrisés.

Visuoconstruction :

La *Figure de Rey* met en évidence des difficultés visuoconstructives :

Copie :

- **score = - 2 DS**
- **vitesse = centile 75**
- **type de copie III : centile 25**

Mémoire :

- **score = - 2,7 DS**
- **type III= centile 25**

Visuoperception : Vitesse de discrimination perceptive

Le *Thurstone* montre des capacités visuoperceptives normales faibles :

Score totale = - 1 DS

Graphisme :

Lors de la production écrite, la main est crispée, la prise est tripodique. La main est positionnée sur la ligne écrite et le tracé est de mauvaise qualité.

Les lettres sont disharmonieuses, on relève une grande irrégularité dans la copie avec une importante détérioration à l'accélération et des difficultés à maîtriser l'espace graphique.

Le test de vitesse d'écriture d'*Ajurriaguerra* :

Vitesse normale : 49 lettres/min. (moyenne attendue pour sa classe 52 lettres/min.)

Vitesse accélérée : 67 lettres/min. (moyenne attendue 89 lettres/min)

On peut fortement suspecter la présence d'une dysgraphie.

Structuration rythmique : *Stamback*

L'attention et la mémorisation immédiate séquentielle sont à développer :

Score = -1 DS

Attention visuelle sélective & soutenue :

Le D2 atteste d'une importante lenteur d'exécution et d'une inefficacité dans la tâche d'attention visuelle soutenue et sélective :

Vitesse : centile 13

Précision : centile 25

Rendement : centile 50

Régularité : centile 50

Planification :

La *Tour de Londres* met en évidence un déficit important de planification.

Score Krikorian : - 4 DS

Score Anderson : - 2 DS

Conclusion : ce bilan a donc actualisé d'importantes difficultés motrices, touchant la motricité fine et globale, idéomotrices, visuoconstructives, et un déficit important de la planification. Matéo présente un TAC et une dysgraphie. On relève également un déficit attentionnel sans hyperactivité et sans impulsivité. Matéo présente une lenteur prédominante qui le gêne dans de nombreuses activités.

Épreuves complémentaires proposées dans le cadre du protocole :

- ❖ Épreuve de graphisme : Le **BHK** (Janvier 2013)

Score total (score de dégradation) = 0,4 DS

Vitesse = - 0,4 DS

Score non significatif d'une dysgraphie. La production graphique manque de fluidité, on observe des liens très angulaires.

- ❖ Épreuve de motricité manuelle (dextérité digitale et manuelle) : **PURDUE PEGBOARD**

Scores obtenus	Somme 3 essais	Essai 1	Essai 3
Main dominante (MD)	- 4 DS	- 3,5 DS	- 3,3 DS
Main non dominante (MND)	- 3 DS	- 2 DS	- 2,8 DS
Deux mains (simultanées) (2M)	- 3,1 DS	- 2 DS	- 2,3 DS
MD + MND + 2M	- 3,7 DS	- 3 DS	- 3,5 DS
Assemblage	- 2,6 DS	- 2,5 DS	- 2,9 DS

III. L'évaluation

Deux types d'évaluation sont réalisés **avant et après** le protocole pour observer les effets du travail proposé aux enfants:

- **L'évaluation normée** est constituée des **tests standardisés** qui vont permettre d'évaluer les capacités en coordination bimanuelle (entre autre) en comparant l'enfant par rapport aux autres enfants de son âge.
- **L'évaluation non normée** va permettre de comparer l'enfant à lui même et d'observer l'évolution des ses performances. Elle est réalisée à partir de **vidéos** et de **grilles d'évaluation** (subjectives).

Au cours du protocole chaque séance sera filmée et fera l'objet d'une évaluation non normée afin d'apprécier les performances de chaque enfant.

A. Avant le protocole

1. L'évaluation normée

L'objectif est d'évaluer les capacités motrices initiales portant notamment sur les coordinations bimanuelles. Deux tests sont donc proposés le LOMDS et le Purdue Pegboard.

➤ L'échelle d'évaluation du développement moteur de LINCOLN OSERTSKY : LOMDS

Le LOMDS permet d'évaluer les possibilités motrices, il s'adresse aux enfants de 6 à 14 ans.

Ce test est composé de 36 items faisant appel à une grande variété de capacités motrices. L'analyse factorielle de la version française est composée 8 facteurs dont 6 ont été conservés :

- **Facteur 1 : Contrôle-précision au niveau manuel**
- Facteur 2 : Coordinations globales

- **Facteur 3 : Activité alternative des deux membres**
- **Facteur 4 : Vitesse doigt-poignet**
- Facteur 5 : Équilibre
- **Facteur 8 : Motricité manuelle**

Les facteurs qui nous intéressent particulièrement sont les **facteurs 1, 3, 4 et 8**.

➤ **Le Purdue Pegboard**

Ce test évalue la dextérité digitale et manuelle. Il est composé de 4 épreuves :

- une épreuve membre dominant
- une épreuve membre non dominant
- une épreuve avec les deux mains (simultanées)
- une épreuve d'assemblage

Ce test s'adresse aux populations suivantes : enfants de 6 à 10 ans, population âgée de 60 à 90 ans et plus, population adolescente 13-16/17 ans.

2. **L'évaluation non normée**

Cette évaluation est réalisée à l'aide de deux grilles d'évaluation (Cf. ANNEXE I & II). La première permet d'observer les coordinations bimanuelles dans lesquelles l'action des deux mains n'est pas différenciée (Cf. ANNEXE I). La seconde est spécifique à l'observation des coordinations bimanuelles pour lesquelles l'action des deux mains est différenciée (Cf. ANNEXE II).

Trois coordinations bimanuelles sont présentées à l'enfant en début de protocole (et seront représentées en fin de protocole). Ces coordinations ne sont pas travaillées pendant les séances et serviront à observer une éventuelle généralisation de l'apprentissage.

Parmi ces trois exercices on compte deux coordinations bimanuelles avec action des mains indifférenciée (« ramassage de cube » et « défilé de cube ») et une coordination bimanuelle avec action des mains différenciées (« distribution de cartes à une main »).

- ❖ **« Ramassage de cubes »** : l'objectif de cet exercice est de ramasser 20 cubes en mousse de 1x1 cm espacé de 5 cm. 10 cubes sont ramassés avec la main droite et 10

avec la main gauche et ce de façon simultanée. Cette CBM simultanée fait davantage intervenir la motricité digitale (facteur dextérité digitale de FLEISHMAN, 1953).

❖ « **Défilé de cube** » : l'enfant a devant lui une série des 6 cubes en bois de 5x5 cm, alignés horizontalement. Trois cubes sont positionnés du côté droit et trois du côté gauche. Un « Stop ! » est fixé entre les cubes de droite et ceux de gauche. On peut distinguer trois étapes :

- Prendre le cube le plus près du stop (droite ou gauche)
- Ramener le cube derrière les autres de la série (droite ou gauche)
- Pousser les cubes jusqu'au « Stop ! »

La main droite fait défiler les cubes de droite et la main gauche ceux de gauche : les deux mains agissent de manière alternée. Une coordination correspond à l'action d'une main puis de l'autre. Dix coordinations devront être effectuées.

Cet exercice constitue une action bimanuelle alternée concernée par le facteur de dextérité manuelle de FLEISHMAN (1953).

❖ « **Distribution de carte recto-verso** » : les deux mains sont évaluées l'une après l'autre. Une main tient les cartes pendant que l'autre les distribue en deux tas, un recto et un verso. La coordination est répétée 10 fois soit 10 cartes déposées recto et 10 verso. Pour cet exercice on utilisera la grille d'évaluation pour coordination bimanuelle avec action des deux mains différenciée. (Cf. ANNEXE II).

On distingue deux types d'observation pour l'évaluation non normée : l'observation quantitative et qualitative.

- **L'observation quantitative** : elle comprend le **temps de réalisation** (sauf pour le « ramassage des cubes ») et le nombre de coordinations **successivement réussies** ainsi que le nombre de coordinations successivement réussies avec un **rythme régulier**. Pour le « ramassage des cubes » on comptera le nombre de cubes ramassés.
- **L'observation qualitative** : on observe ici **4 critères** :
 - **La précision du geste** : on observe la précision de la prise et du lâché des éléments (le type de prise, les erreurs de visée, les erreurs de symétrie - ou changement de relation spatiale entre les mains).

- **La synchronie** de la réalisation : les deux mains sont-elles synchronisées ? agissent-elles bien de façon simultanée ou alternée en fonction de la consigne ?
- **La posture et l'adaptation tonique** : on observera ici la présence de syncinésies, les crispations, les postures inadéquates (buste et membre supérieurs surtout), l'adaptation au matériel.
- **La fluidité de l'enchaînement des mouvements** : on observe les arrêts, la fréquence de réalisation des coordinations (accélération et ralentissement), la régularité autrement dit, la cyclicité du mouvement continu.

La symétrie et la synchronie ne peuvent pas être observées pour la tâche de « distribution de cartes avec un main ».

B. Pendant le protocole

Après chaque séance et sans l'enfant, le film des exercices est observé et évalué à l'aide de la grille d'évaluation pour coordinations bimanuelles avec action indifférenciée des deux mains. (Cf. annexe 1). On attribue une note pour chacun des 4 critères d'évaluation qui sont les mêmes que ceux utilisés pour l'évaluation non normée et qui nous donne une note qualitative. En parallèle, on relève les données quantitatives.

On peut ainsi noter les quatre coordinations bimanuelles à chaque séance en faisant la moyenne des notes obtenues aux 3 essais.

C. Après le protocole

Cette évaluation va servir à observer l'évolution de l'enfant et les éventuels effets collatéraux issus du protocole. L'évaluation finale est composée des mêmes tests et observations que pour l'évaluation initiale. Ainsi, on pourra comparer ces deux évaluations.

1. L'évaluation normée

On administre à nouveau les tests proposés lors de l'évaluation initiale : **LOMDS, Purdue Pegboard.**

2. L'évaluation non normée

Les grilles d'évaluation des trois **coordinations bimanuelles non travaillées** :

- « ramasser les cubes »
 - « défiler de cubes »
- } Évaluation du transfert d'apprentissage
- « distribution de cartes recto-verso » : la réévaluation de cet exercice va permettre d'apprécier un éventuel transfert d'apprentissage à la réalisation d'une coordination bimanuelle avec action différenciée des deux mains (≠ des coordinations travaillées)

Les grilles d'évaluation des **quatre coordinations bimanuelles travaillées** :

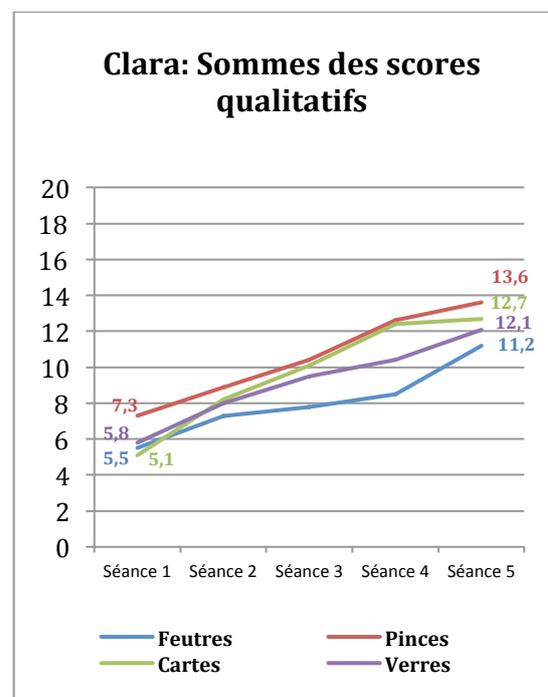
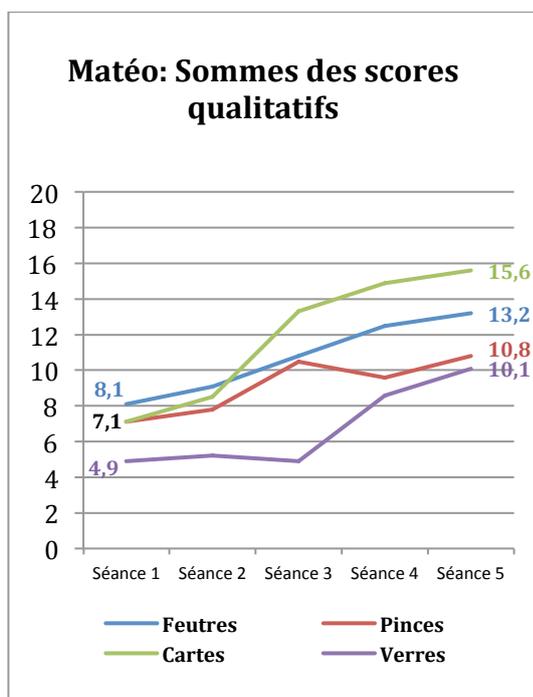
- « reboucher les feutres »
- « accrocher les pinces à linge »
- « distribuer les cartes »
- « retourner les verres »

IV. L'analyse des résultats

A. **Évolution des coordinations bimanuelles travaillées**

Cette évolution a pu être appréciée par analyse des vidéos de chaque séance et cotation de celles-ci avec la grille d'évaluation. Cette grille a permis d'observer une évolution des coordinations bimanuelles travaillées sur de nombreux paramètres. J'ai décidé de retenir les trois suivants: la qualité des coordinations bimanuelles produites, la fréquence d'apparition de coordinations continues et cycliques réussies successivement et le temps de réalisation de l'enchaînement des dix coordinations. D'après ALBARET (2005) « Le résultat comportemental d'une **coordination efficace** est un mouvement **fluide, rapide et précis** quelles que soient les contraintes qui s'impose au sujet ». C'est pourquoi j'ai choisis d'analyser l'évolution de ces paramètres.

1. **Évolution de la somme des scores qualitatifs**



Chacun des quatre critères d'évaluation est noté sur 5. Pour attribuer une note à chaque CBM lors de chaque séance, j'effectue la somme des 4 critères, ce qui nous fait une note sur 20 points.

Clara et Matéo ont amélioré la qualité des CBM au cours de la rééducation. Toutes les notes initialement inférieures à la moyenne sont passées au-dessus.

Sur l'ensemble des CBM Clara présente une progression plus linéaire que Matéo. Cette différence peut s'expliquer par le trouble de l'attention présent chez Matéo qui peut influencer sa disponibilité et donc ses apprentissages. De plus, il est important de préciser que Matéo présente un trouble du tonus, avec une hypotonie de fond qui a probablement altéré la qualité de la CBM « accrocher les pinces linge ».

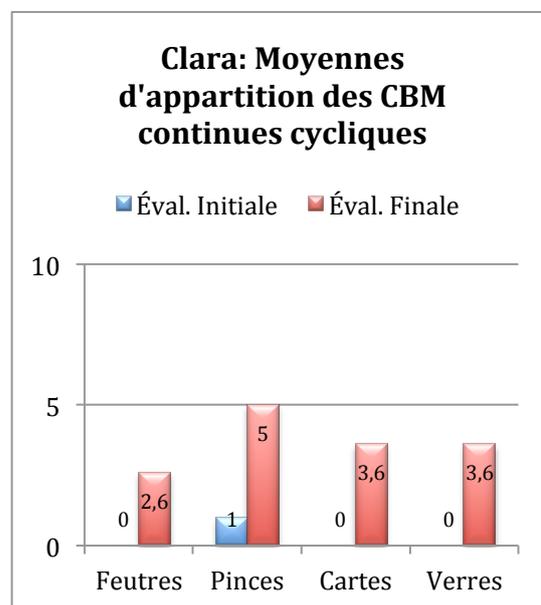
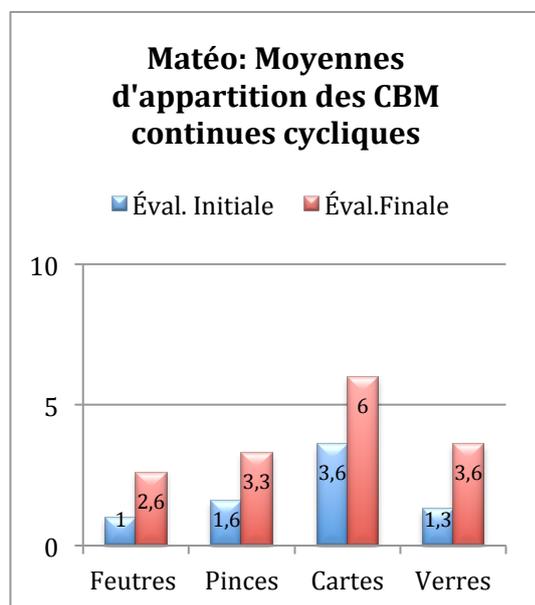
La coordination bimanuelle travaillée montrant la plus forte progression est celle de la distribution de carte : Matéo gagne 8,5 points entre le début et la fin du protocole et Clara 7,6 points.

C'est une tâche bimanuelle alternée faisant davantage intervenir la motricité digitale.

L'amélioration constatée concerne toutes les CBM travaillées : autant celles réalisées de façon simultanée qu'alternée, faisant intervenir les facteurs « dextérité digitale » ou « dextérité manuelle ».

Le protocole a permis une amélioration de l'**aspect qualitatif** des CBM travaillées au cours du protocole.

2. Évolution du nombre de coordinations réussies successivement de manière cyclique

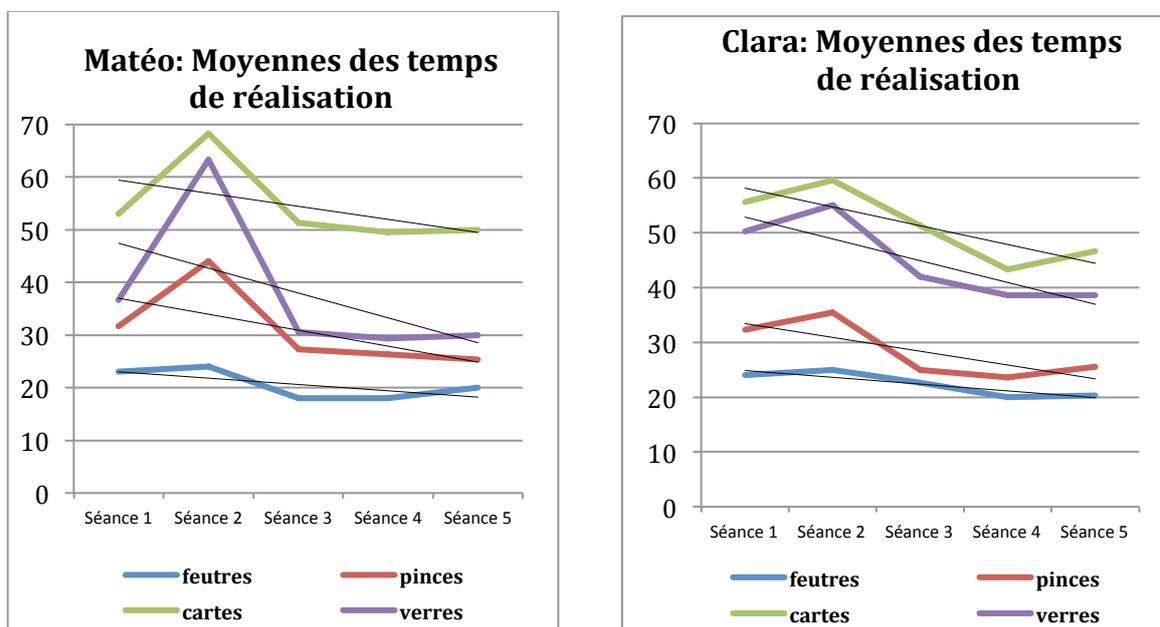


Sur chaque analyse de coordination travaillée, le nombre de coordinations successivement réussies est relevé. La régularité du rythme est également calculée. À partir de ces données, j'ai pu étudier la fréquence d'apparition des CBM réalisées de manière continue et régulière durant les séances. Une moyenne des trois essais est effectuée pour chacune des CBM à chaque séance.

Le nombre de coordinations réussies successivement à intervalle de temps constant est augmenté en fin de protocole sur toutes les CBM travaillées et pour les deux enfants. Clara ne parvenait pas à répéter de façon régulière les coordinations proposées. Sur la dernière séance, elle est capable d'enchaîner une moyenne de 2,6 coordinations (sur 10) pour la tâche des « feutres », de 3,6 pour les tâches des « verres » et des « cartes » et une moyenne de 5 coordinations pour l'accrochage de pincés à linges. Matéo, quant à lui, réussit à réaliser des répétitions régulières de CBM correctes pour tous les exercices en début de protocole et progresse également au cours du protocole. Il passe de 1 coordination à 2,6 pour les feutres, de 1,6 à 3,3 pour les pincés à linge, de 3,6 à 6 coordinations pour la CBM avec les cartes et de 1,3 à 3,6 pour le retournement de verres.

Le nombre de CBM successivement réussies de façon continue et cyclique a augmenté chez les deux enfants. La **fluidité** du mouvement efficace a donc été améliorée.

3. Évolution du temps moyen de réalisation des dix coordinations



L'analyse des temps moyen de réalisation apporte une information sur l'effet de la pratique de mouvements répétés cycliquement. De manière générale, on observe une diminution du temps de réalisation pour les deux enfants alors qu'aucune consigne de rapidité n'était demandée. Les coordinations bimanuelles alternées (distribution de cartes et retournement de verres) semblent plus coûteuses : le temps nécessaire à leur réalisation est supérieur à celui des coordinations simultanées et ce tout au long du protocole.

Les coordinations les plus stables sont les moins coûteuses ; il semblerait donc que les patrons de coordinations bimanuelles simultanées présentent une stabilité supérieure aux patrons des CBM alternées pour ces deux enfants TAC.

Les courbes des deux enfants sont marquées par une augmentation plus ou moins importante du temps de réalisation, qui se retrouve pour toutes les CBM, à la 2^{ème} séance. Ce phénomène peut être lié à une réorganisation de la coordination qui amènera les enfants vers un patron de coordinations plus stable leur permettant ainsi de continuer à améliorer la qualité de leur production motrice et d'augmenter leur vitesse d'exécution. En effet, le temps de réalisation de l'enchaînement des dix coordinations diminue parallèlement à l'augmentation de la qualité de la CBM. Ce lien est retrouvé systématiquement sur l'évolution des CBM de chaque enfant indépendamment du type de CBM (simultanée ou alternée). (Cf. ANNEXE III, ANNEXE IV, ANNEXE V, ANNEXE VI)

L'absence de consigne de vitesse pour la réalisation répétée de CBM continues et cycliques proposées, nous permet d'affirmer que cette diminution du temps d'exécution est relative à une meilleure fluidité, maîtrise et précision du geste.

L'analyse de la CBM simultanée de « rebouchage de feutre » montre une plus faible évolution que les autres CBM travaillées dans le cas de Matéo et de Clara. Les conditions de la pratique de cet exercice peuvent expliquer cette constatation. En effet, lorsque l'enfant dépose le feutre rebouché sur la table, il n'est pas rare que celui-ci roule et percute les stylos encore ouverts. La fluidité des mouvements s'est vue ainsi perturbée lors de certains essais, impactant également la vitesse d'exécution des CBM.

La **qualité**, la **cyclicité** et la **vitesse d'exécution** des CBM ont évolué au cours du protocole pour Clara et Matéo.

B. Évolution des coordinations bimanuelles non travaillées

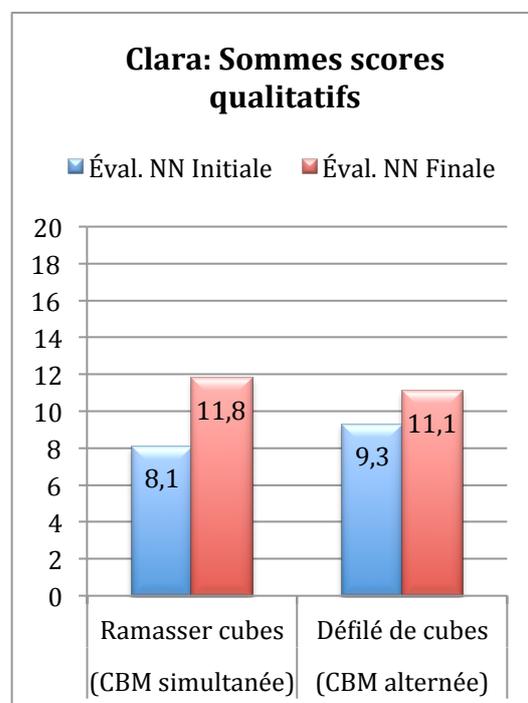
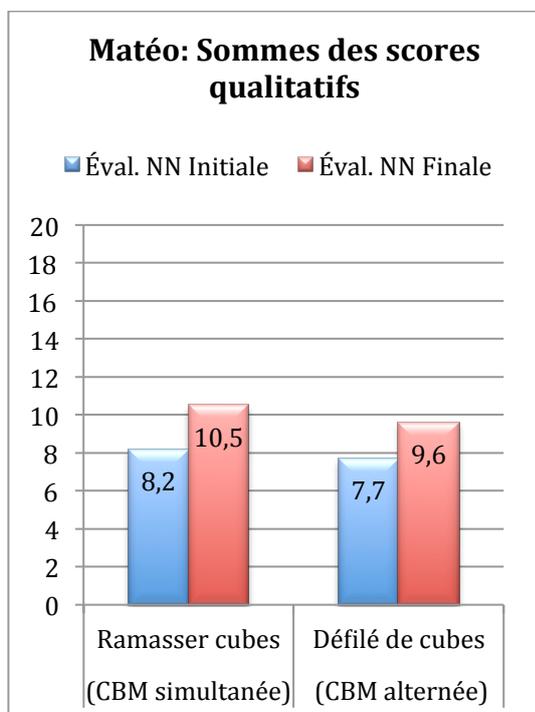
Après observation de l'évolution des CBM travaillées, il paraît intéressant d'étudier une éventuelle généralisation à d'autres CBM n'ayant pas été pratiquées au cours du protocole.

Dans cette partie, les CBM avec *action différenciée* des mains seront distinguées des CBM avec *action des mains non différenciée* puisque ces dernières non pas été abordées dans le protocole.

L'analyse de l'évolution de ces CBM concernera les mêmes paramètres que pour les CBM travaillées.

1. Évolution de la somme des scores qualitatifs

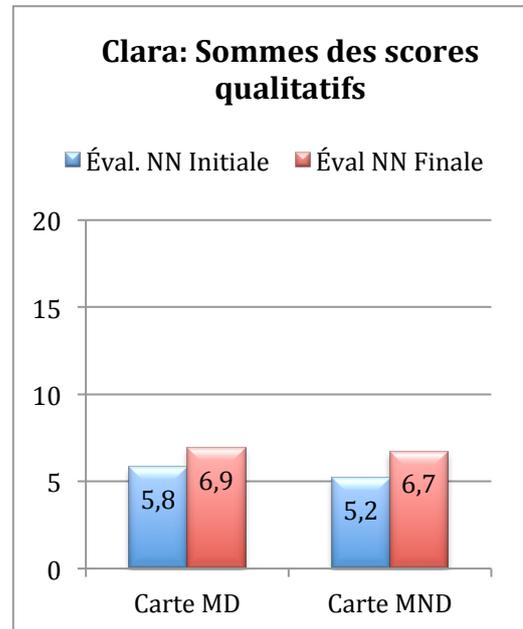
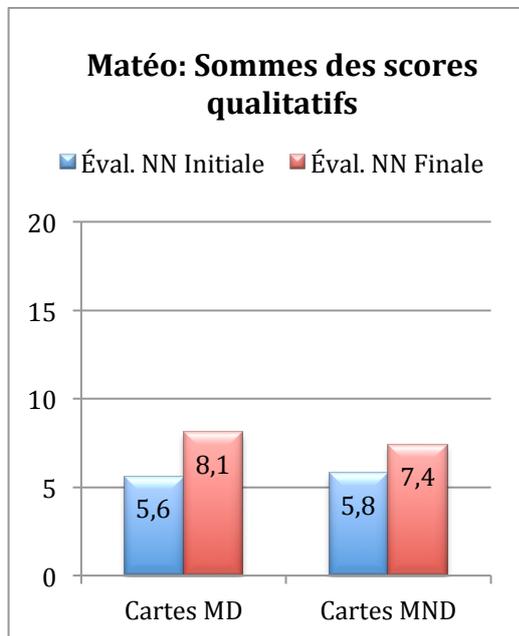
a) Coordinations bimanuelles avec action non différenciée des mains



Les deux enfants ont amélioré la qualité de leurs productions motrices sur ces actions bimanuelles qui n'ont pas été travaillées. Clara obtient un score supérieur à la moyenne pour les deux CBM, alternée et simultanée, et Matéo progresse d'environ 2 points dans chaque exercice. La progression est légèrement plus grande pour la CBM « ramassage de cubes » dans les deux cas. Cette coordination fait intervenir des mouvements simultanés et la motricité digitale contrairement à la coordination alternée, « Défilé de cubes », qui concerne plutôt la motricité manuelle. Il paraît difficile de conclure quant à l'effet du protocole sur l'une ou l'autre de ces deux caractéristiques. On rappellera tout de même que les CBM simultanées sont plus stables. Cette stabilité peut expliquer les meilleures performances qualitatives de l'activité « ramasser les cubes » par rapport à l'activité « faire défiler les cubes » qui constitue, une CBM alternée.

Au vu de ces résultats, il semblerait que la pratique des mouvements continus et cycliques au cours du protocole améliore les performances de ces deux enfants, en terme qualitatif, sur des CBM qu'ils n'avaient pas travaillé.

b) Coordinations bimanuelles avec action différenciée des mains

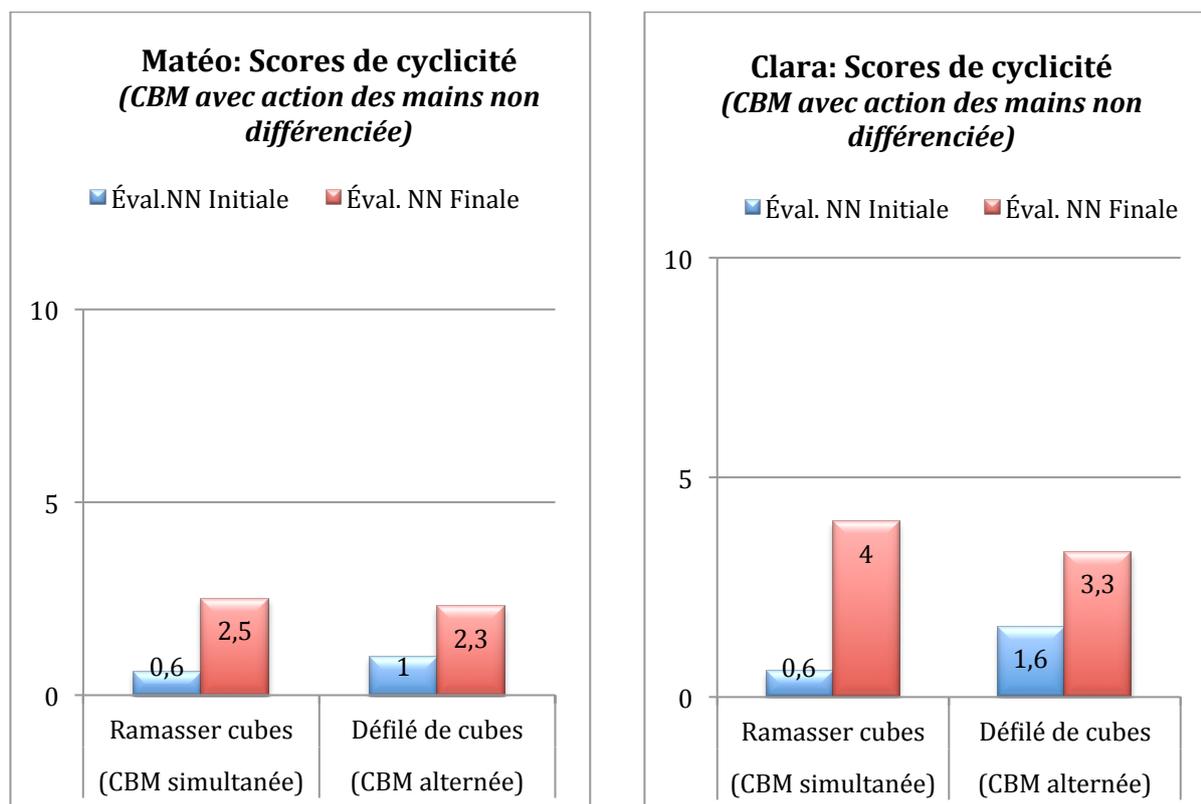


Les deux enfants se sont améliorés pour ces deux coordinations. Pour la main dominante, main droite pour les deux patients, Matéo passe de 5,6 à 8,1 points et Clara de 5,8 à 6,9 points. Pour la main gauche, non dominante, Matéo passe de 5,8 à 7,4 points et Clara de 5,2 à 6,7 points. Matéo a davantage progressé sur la qualité du mouvement réalisé avec la main dominante par rapport à la réalisation avec sa main gauche mais également par rapport à la réalisation de Clara. Clara augmente son score qualitatif d'environ 1,5 point pour les deux membres. La performance qualitative des enfants est meilleure sur la seconde évaluation.

La **qualité** des mouvements a augmenté après le protocole, aussi bien pour les CMB (simultanée et alternée) avec rôle des mains indifférencié que pour les CBM avec action des mains indifférenciée.

2. Évolution du nombre de coordinations réussies successivement de manière cyclique

a) Coordinations bimanuelles avec action non différenciée des mains

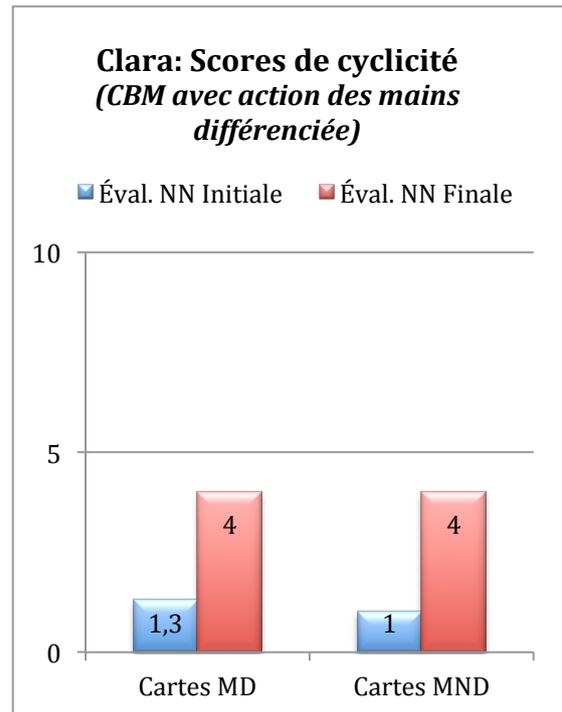
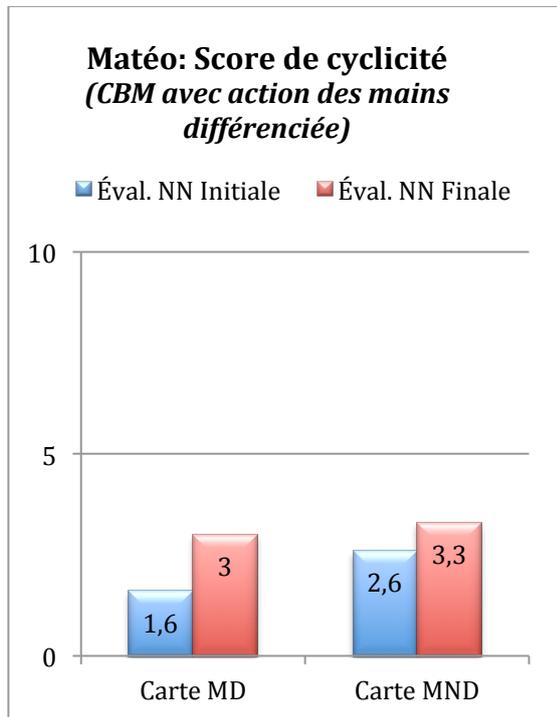


Le score de cyclicité nous indique le nombre moyen de coordinations successivement réussies, à intervalle de temps régulier, sur les trois essais.

On observe une progression du score pour les deux enfants sur l'évaluation finale. Clara montre une évolution plus marquée : elle passe de 0,6 coordinations cycliques sur 10 à 4/10 pour la coordination simultanée et de 1,6/10 à 3,3/10 pour la CBM alternée. Matéo lui passe de 0,6/10 à 2,5/10 sur la tâche bimanuelle simultanée et de 1 à 2,3 sur 10 sur la CBM alternée. De nouveau, dans les deux cas, la progression est plus forte sur l'évaluation des CBM simultanées.

Les deux sujets ont augmenté le nombre de coordinations réussies successivement avec un rythme constant sur des CBM qu'ils n'avaient pas pratiquées.

b) Coordinations bimanuelles avec action différenciée des mains



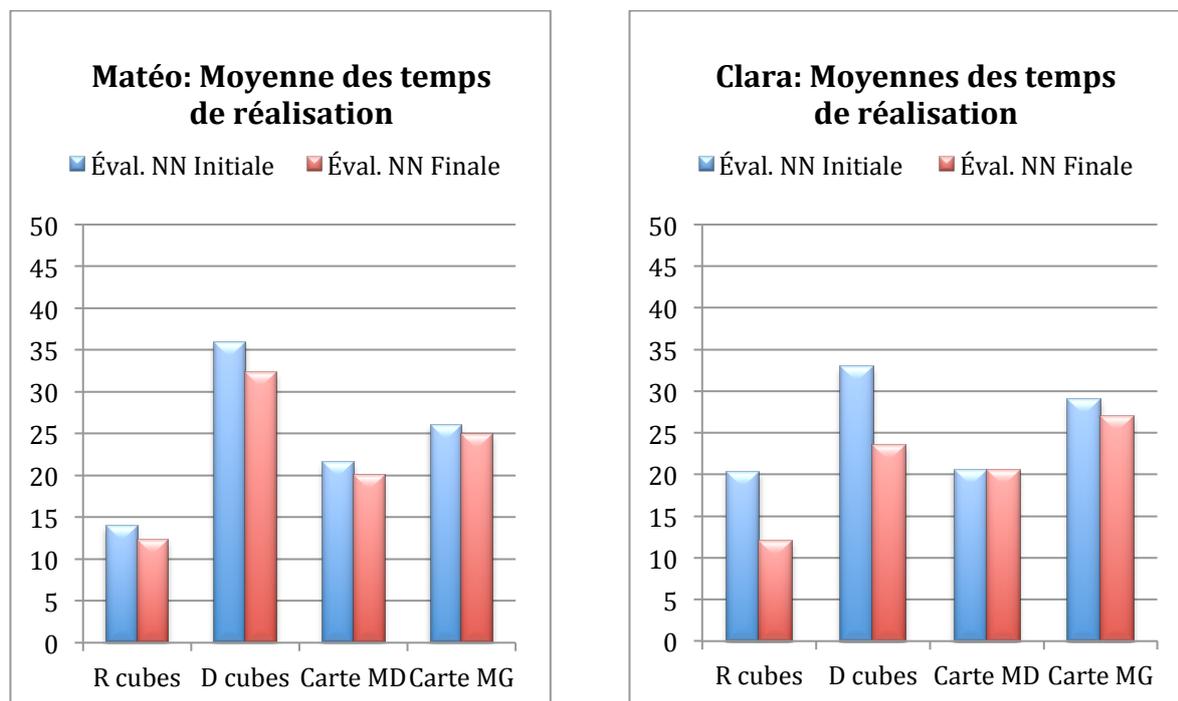
Une nette amélioration du nombre de CBM réussies successivement à un rythme régulier s'observe chez les deux enfants. La progression de la CBM avec main dominante active est plus importante que celle de la CBM avec main non dominante active.

Le score est multiplié par 4 pour Clara. Matéo augmente également le nombre moyen de coordination en passant de 1,6 à 3/10 pour la main dominante et 2,6 à 3,3/10 pour la non dominante.

Le nombre de mouvements réalisés de façon continue et cyclique a augmenté chez les deux enfants sur des coordinations qu'ils n'avaient pas travaillées notamment celles concernant le mode de CBM avec action différenciée des deux mains.

La **fluidité** des mouvements s'est améliorée pour Clara et Matéo après le protocole.

3. Évolution du temps moyen de réalisation des dix coordinations



La moyenne des temps de réalisation des dix CBM à effectuer est plus faible sur l'évaluation finale pour toutes les tâches bimanuelles proposées, à l'exception de la distribution de carte main droite pour Clara qui n'a pas évolué. Pour les deux enfants, la plus forte progression concerne le temps d'exécution de la CBM alternée (« défilé de cubes »). La vitesse de réalisation des CBM avec rôle différencié des deux mains a moins diminué que celle des CBM avec rôle non différencié. Ceci peut s'expliquer par le fait que les tâches bimanuelles abordées au cours du protocole impliquaient toutes une action *symétrique* des deux mains.

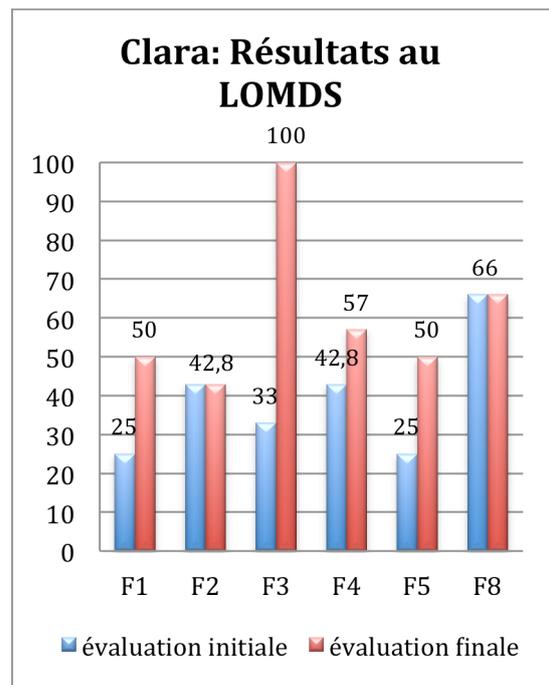
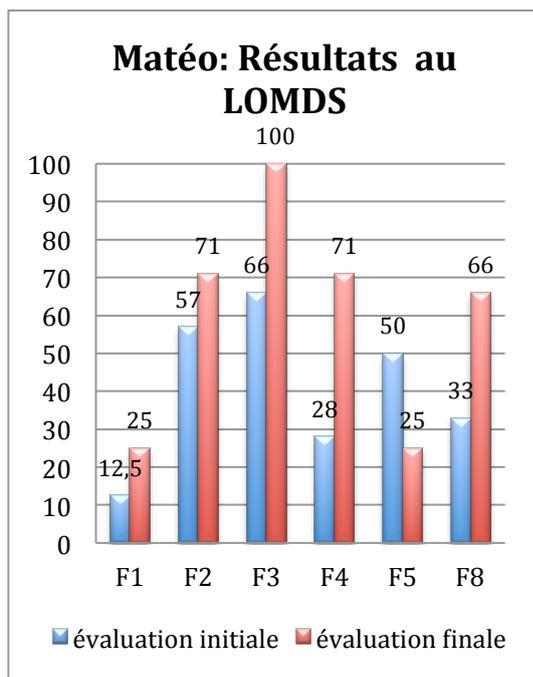
En absence de consigne de vitesse, le temps de réalisation diminue sur les CBM non travaillées. La **vitesse** d'exécution des mouvements a augmenté après le protocole.

Une possible généralisation aux CBM simultanées et alternées non travaillées peut être évoquée. Il semblerait également que le protocole est permis une généralisation à d'autre type de coordinations dans lesquelles le rôle des mains est différencié comme la « distribution de carte ».

C. Comparaison des résultats obtenus sur l'évaluation standardisée avant et après le protocole

Après observation des résultats obtenus sur l'évaluation des CBM non travaillées, il paraît intéressant d'apprécier l'éventuelle progression des enfants sur l'évaluation finale standardisée. Cette appréciation pourra permettre d'objectiver les résultats obtenus sur l'évaluation non normée de fin de protocole.

1. Évolution des scores obtenus au test de développement psychomoteur (LOMDS)



	<i>Score total initial</i>	<i>Score total finale</i>
MATÉO	- 3 DS	- 1 DS
CLARA	- 2,5 DS	- 1,3 DS

Matéo a progressé dans tous les facteurs du LOMDS excepté le facteur 5 « équilibre » qui a régressé. Il passe d'un score total de - 3 DS sur l'évaluation initiale à un score de - 1 DS sur l'évaluation finale.

Dans le cadre de ce protocole, les 1, 3, 4 et 8 facteurs nous intéressent plus particulièrement.

Le facteur 1 « Contrôle-précision » passe de 12,5% à 25%

Le facteur 3 « Activité alternative des deux membres » passe de 66% à 100%

Le facteur 4 « Vitesse poignets-doigts » passe de 28% de réussite à 71% et

Le facteur 8 « motricité manuelle non fine » passe de 33% à 66% de réussite.

Tous les facteurs concernant la motricité manuelle ont progressé.

On observe que le facteur 2 de « Coordinations globales » a progressé, Matéo passe de 57% de réussite à 71%.

Clara a également progressé dans la majorité des facteurs du LOMDS, seul le facteur 8 « Motricité manuelle non fine » n'a pas évolué. Elle passe d'un score total de - 2,5 DS à - 1,3 DS.

Pour les facteurs pertinents dans le cadre de la démarche rééducative :

Le facteur 1 « Contrôle-précision » passe de 25% de réussite à 50%

Le facteur 3 « Activité alternative des membres » passe de 33% de réussite à 100%

Le facteur 4 « Vitesse poignets-doigts » passe de 42,8 % de réussite à 57% et

Le facteur 8 « Motricité manuelle non fine » était déjà convenable et n'a pas évolué.

On note que le facteur 5 « Equilibre » passe de 25% de réussite à 50% de réussite et que le facteur 2 « Coordination globale » n'a pas évolué.

Les facteurs concernés par la motricité manuelle ont progressé pour les deux enfants. Les résultats obtenus à l'évaluation finale sur ce test développemental atteste d'une amélioration des capacités de motricité manuelle.

2. Évolution des scores obtenus au PURDUE PEGBOARD

Ce test nous permet d'apprécier l'évolution des capacités de dextérité digitale et manuelle suite au protocole.

MATÉO	COORDINATION BIMANUELLE	
	<i>Evaluation initiale</i>	<i>Evaluation finale</i>
Deux mains Simultanées	- 2,3 DS	- 1 DS
Assemblage	- 2,3 DS	- 0,4 DS

CLARA	COORDINATION BIMANUELLE	
	<i>Evaluation initiale</i>	<i>Evaluation finale</i>
Deux mains Simultanées	- 1,6 DS	- 0,3 DS
Assemblage	- 1,9 DS	- 0,4 DS

Les capacités de coordination bimanuelle ont progressé pour les deux enfants. Clara passe de - 1,6 DS à - 0,3 DS pour la coordination bimanuelle simultanée et de - 1,9 DS à - 0,4 DS pour la CBM alternée constituée par l'item « Assemblage ». Matéo quant à lui passe de - 2,3 DS sur l'évaluation initiale de la CBM alternée à - 1 DS et de - 2,3 DS à - 0,4 DS pour la CBM alternée. La progression de la CBM alternée est plus marquée que celle de la CBM simultanée.

MATÉO	MOTRICITÉ UNIMANUELLE	
	<i>Evaluation initiale</i>	<i>Evaluation finale</i>
Main Dominante	- 3,3 DS	- 0,5 DS
Main Non Dominante	- 2,8 DS	- 0,9 DS

CLARA	MOTRICITÉ UNIMANUELLE	
	<i>Evaluation initiale</i>	<i>Evaluation finale</i>
Main Dominante	- 1,9 DS	0,2 DS
Main Non Dominante	- 2,2 DS	- 0,9 DS

Le domaine de la motricité unimanuelle a également progressé pour Clara et Matéo. Cette amélioration s'observe sur la main dominante et sur la main non dominante. Pour la main dominante Clara passe de - 1,9 DS à 0,2 DS en fin de protocole et Matéo passe de - 3,3 DS à - 0,5 DS. Pour la main non dominante Clara obtenait un score de - 2,2 DS sur l'évaluation initiale et passe à - 0,9 DS lors de l'évaluation finale. Matéo passe de - 2,8 DS à

– 0,9 DS sur le re-test. Pour les deux enfants la progression est plus importante sur l'évaluation de la motricité unimanuelle de la main dominante.

Les scores obtenus sur les re-tests sont significativement meilleurs. L'évolution révélée par le Purdue Pegboard permet d'affirmer que le protocole proposé a amélioré de façon importante les performances en coordination bimanuelle mais également en motricité unimanuelle

CONCLUSION & DISCUSSION

Le protocole proposé a permis aux enfants d'améliorer leurs capacités bimanuelles et unimanuelles. Ils ont amélioré la réalisation des CBM travaillées, des CBM non travaillées et obtiennent des scores significativement meilleurs sur les tests de motricité.

Tout au long du protocole Clara et Matéo se sont montrés investis dans la prise en charge sans cesse encouragé par leur gain de performance. Cependant j'ai pu remarquer que les exercices proposés n'étaient pas suffisamment ludiques. Une certaine lassitude s'est faite ressentir à partir de la 4^{ème} séance mais elle n'a pas impacté l'implication des enfants dans la rééducation.

Au cours des cinq séances, Clara et Matéo ont diminué les temps de réalisation des CBM travaillées et non travaillées. La performance des enfants a été améliorée en terme de qualité, de précision, de vitesse et de fluidité. Par conséquent ce protocole a permis de rapprocher la réalisation motrice des enfants de la « coordination efficace » au sens où l'entendais ALBARET (2005) dans sa définition.

L'amélioration d'une séquence motrice chez ces enfants porteurs de TAC par la pratique de mouvements continus et cycliques dans un enchaînement de coordinations bimanuelles constituait l'objectif premier du protocole. L'apparition et l'augmentation au cours des séances du nombre de coordinations continues et cycliques réussies successivement, sur l'ensemble les coordinations bimanuelles, témoignent de l'efficacité de la rééducation proposée.

L'inégalité de progression entre les coordinations bimanuelles simultanées et alternées peut s'expliquer par l'importante stabilité des tâches bimanuelles simultanées comme je l'ai détaillé en partie théorique.

Les différences d'évolution observées entre les deux enfants peuvent être la conséquence des différences interindividuelles liées à l'âge ou au sexe par exemple. Elles

peuvent également s'expliquer par la prégnance du TAC et les scores obtenus initialement au LOMDS qui attestaient de difficultés plus ou moins importantes chez ces deux patients. La présence d'un trouble déficitaire de l'attention (sans hyperactivité) et d'un trouble tonique chez Matéo ont pu influencer ses résultats.

La progression qualitative et quantitative observée sur l'évaluation non normée des CBM non travaillées permet d'évoquer une possible généralisation sur d'autres CBM grâce au protocole. Cette dernière concerne à la fois les CBM avec action des mains non différenciée mais également les CBM avec action des mains différenciées, mode de coordination BM n'ayant pas été abordé au cours des séances.

La généralisation a également pu être observé par les tests composant l'évaluation standardisée. Sur le LOMDS, l'augmentation du pourcentage de réussite des facteurs 1, 3, 4 et 8 pour les deux enfants atteste d'une généralisation des progrès au domaine de la motricité manuelle et de la coordination bimanuelle. Les résultats du test de Purdue Pegboard témoignent d'une généralisation aux domaines de la dextérité digitale et manuelle. Le protocole semble avoir eu un impact positif sur plusieurs facteurs de la motricité manuelle.

Une analyse plus approfondie des résultats pourrait apporter des informations supplémentaires. Le lien entre la vitesse d'exécution et la performance en terme de synchronie, par exemple, peut renseigner sur la stabilité de certain patron de coordinations. L'étude des effets potentiels du protocole sur la vitesse et la qualité de la production graphique, par l'analyse du BHK, semble également être pertinente.

Il serait intéressant d'étudier l'effet des mouvements continus et cycliques sur l'apprentissage de coordinations bimanuelles faisant varier la relation spatiale entre le deux mains ou le rôle des mains dans la coordination. Un protocole de ce type pourrait également être proposé à d'autres populations de tranches d'âges différentes ou présentant d'autres pathologies comme celles citées en partie théorique par exemple.

BIBLIOGRAPHIE

- Albaret J-M in Geuze, Reint H. (2005). *Le Trouble de l'Acquisition de la Coordination. Évaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant*. Marseille: Édition Solal.
- Albaret J-M, Soppelsa R. (2007). *Précis de rééducation de la motricité manuelle 2ème édition*. Marseille: Édition Solal.
- Albaret J-M., B. M. (1998, Février). Étalonnage du Purdue Pegboard sur une population d'enfant de 6 à 10 ans. *ANAE*, 46, pp. 19-25.
- Albaret J-M., De Castelnau P., Zanone P-G. (2000). Une approche dynamique du Trouble de l'Acquisition de la Coordination. *ANAE*, 59-60, pp. 126-136.
- Albaret J-M., Giromini F., Scialom P. (2011). *Manuel d'enseignement de psychomotricité*. Marseille: Édition Solal.
- Bernstein in Delignières D. (1967). L'acquisition des habiletés motrices complexes. *VI° Congrès International de l'ACAPS*. Marseille.
- Brown R., Jahanshahi M., Marsden C D. (1993). The execution of bimanual movements in patients with Parkinson's, Huntington's and cerebellar disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 56, pp. 295-297.
- Clifton in Fagard J. (2001). *Le développement des habiletés de l'enfant-Coordination bimanuelle et latéralité*. 1997, Paris: Édition CNRS.
- Colombié B. *Cours 1ère année: Psychomotricité du nourrisson*. IFP Toulouse.
- Couturat P-L. (2012). *Trouble de l'Acquisition des Coordinations à l'école maternelle: validation d'une échelle d'hétéroévaluation*. *Psychologie, spécialité psychologie du développement*. Université Paul Valéry - Montpellier III.
- Debû B. (2001). L'apprentissage moteur. *Ann. Kinésithérapie*, 5, pp. 195-204.

- Delignières D. (1998). À propos de la théorie des systèmes dynamiques: Quelques idées neuves sur l'apprentissage moteur. *Revue EPS*, 271, pp. 61-66.
- Delignières D. (2004). L'approche dynamique du comportement moteur. *Manuel de psychologie du sport, tome 1*, pp. 65-80.
- Fagard J. (2001). *Le développement des habiletés de l'enfant - Coordination bimanuelle et latéralité*. Paris: CNRS Édition.
- Geuze, Reint H. (2005). *Le Trouble d'Acquisition de la Coordination. Évaluation et rééducation de la madresse chez l'enfant*. Marseille: Édition Solal.
- Guiard (1988) in Fagard J. (2001). *Le développement des habiletés de l'enfant - Coordination bimanuelle et latéralité*. Paris: CNRS Édition.
- Hatwell (1987), Streri (1989) in Fagard J. (2001). *Le développement des habiletés de l'enfant - Coordination bimanuelle et latéralité*. Paris: CNRS Édition.
- Kaplan (1998) in Alabaret J-M, Soppelsa R. (2007). *Le précis de rééducation de motricité manuelle 2ème édition*. Marseille: Édition Solal.
- Kelso (1984) in Soppelsa R. (2007). *Analyse entre mouvements sériels et continus dans le cadre des systèmes dynamiques, mémoire de Master 2*. Toulouse.
- Lauzon F. (2006). *Éducation psychomotrice: Source d'autonomie et de dynamisme*. Quebec: Presses de l'université du Quebec.
- Lederman S, Klatzky R. (1993). Extracting object properties through haptic exploration. *Acta psychologica*, 84, pp. 29-40.
- Newell (1986) in Teulier C. & Nourrit-Lucas D. (2008). L'évolution des coordiantions lors de l'apprentissage d'habiletés motrices complexes. *Science et motricité*, 64, pp. 35-47.
- Pezet E. (2012). *Effet de la pratique de mouvements continus et cycliques sur l'apprentissage de coordinations dynamiques générales - Mémoire DE Psychomotricité*. Toulouse.

- Salvan M. (2011). *Le trouble d'acquisition de la coordination: approches thérapeutiques - Travaux dirigés de psychomotricité*. IFP Toulouse.
- Schmidt & Lee in Soppelsa R. *Analyse des rapports entre les mouvements sériels et continus dans le cadre des systèmes dynamiques - Mémoire de Master 2*. Toulouse.
- Serrien D., Stayvers M., Debaere F., Stelmach G., Swinnen S. (2000). Bimanual coordination and limb-specific parametrisation in patients with Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 38.
- Sloan W. (1948). Adaptation française ROGE B.: manuel de l'échelle de développement moteur de Lincioln Oseretsky.
- Smith & Bryson (1998) . (2002). Le fonctionnement moteur dans le cas d'autisme. Dans R. S. Benetto L., *Enfance* (Vol. 54, pp. 63-73). P.U.F.
- Tallet J. (2007). *Approche dynamique de la mémoire motrice. Discipline: Sciences et Techniques des activités Physiques Sportives*. Université Toulouse III.
- Teulier C. & Nourrit-Lucas D. (2008). L'évolution des coordinations lors de l'apprentissages d'habiletés motrices complexes. *Science et motricité*, 64, pp. 35-47.
- Thelen (1992) in Fagard J. (2001). *Le développement des habiletés des l'enfant - Coordination bimanuelle et latéralité*. Paris: CNRS Édition.
- Tiffin J, Ashler E.J. (1948). The Purdue Pegboard: norms and studies of reliability and validity. *Journal of Applied Psychology*, 32, pp. 234-247.
- Verstichel P., Degos J-D. (2010). Syndrome de déconnexion interhémisphérique. *Encyclopédie Médico-chirurgicale*.
- Volman & Geuze (1992-1997) in Soppelsa R. *Analyse des rapports entre mouvements sériels et continus dans le cadre des systèmes dynamiques - Mémoire de Master 2*. Toulouse.

- Volman (1997) in Albaret J-M, De Castelneau P., Zanone P-G. (2000). Une approche dynamique du Trouble de l'Acquisition de la Coordination. *ANAE*, 59-60, pp. 126-136.
- Zanone P-G & Kelso (1992-1997) in Delignières D. (1998). À propos de la théorie des systèmes dynamiques: quelques idées neuves sur l'apprentissage moteur. *Revue EPS*, 271, pp. 61-66.

Résumé

Le Trouble d'Acquisition des Coordinations (TAC) est un trouble fréquemment retrouvé par les psychomotriciens dans l'exercice de leur fonction. L'objectif du protocole proposé est l'apprentissage de quatre coordinations bimanuelles à deux enfants porteurs de TAC.

D'après la théorie dynamique du mouvement, les mouvements cycliques et continus sont plus stables que les mouvements sériels c'est pourquoi leur pratique semble intéressante dans l'apprentissage moteur.

Ainsi, les coordinations bimanuelles ont été apprises dans un enchaînement régulier de séquences motrices identiques.

L'influence de la pratique des mouvements continus et cycliques s'est révélée positive. Les enfants ont amélioré leur maîtrise des quatre coordinations travaillées devenues plus précises et plus fluides. De plus, une généralisation de la pratique a été observée à d'autres coordinations bimanuelles et au domaine de la motricité manuelle de façon générale.

Mots clefs : protocole, Trouble d'acquisition des coordinations (TAC), coordination bimanuelle (CBM), mouvements continus et cycliques, théorie dynamique du mouvement.

Abstract

The Developmental Coordination Disorder (DCD) is a common disorder that psychomotor therapists often encounter during their career. The objective of the proposed protocol is to teach four bimanual coordinations to two children suffering from DCD.

According to the dynamic movement theory, cyclical and continuous movements are more stable than serial movements, thus, their practice seems relevant in the motor learning process.

Therefore, the bimanual coordinations were taught in a regular succession of identical motor sequences.

The influence of practicing continuous and cyclical movements has proven to be positive. The children improved their command of the four coordinations, which became more precise and fluid. Moreover, we observed that the practice extended to other bimanual coordinations in manual motricity in general.

Key-words: Protocol, Developmental coordination disorder (DCD), bimanual coordination, continuous and cyclical movements, dynamic movement theory.

