

Autisme et Dysgraphie

Application d'un protocole visant l'amélioration du programme moteur dans le cadre
d'une rééducation de dysgraphie chez un enfant TSA dans le but d'augmenter sa
vitesse d'écriture

Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'État de Psychomotricien

Introduction.....	6
Partie	
théorique.....	8
I. Autisme.....	
..8	
A) Critères	
diagnostiques.....	8
B) Fonctionnement de la personne TSA.....	9
1) Flexibilité	
mentale.....	9
2) Planification.....	10
C) Les praxies.....	10
1) Difficultés dans l'utilisation des informations visuelles.....	11
2) Perception des séquences.....	12
3) Anticipation.....	12
II. Écriture.....	13
A) Acquisition	et
développement.....	14
1) Du dessin à l'écriture : L'évolution de l'activité graphomotrice	14
2) Les différents types d'écriture : Avantages et inconvénients.....	14
3) Développement de la prise.....	16
4) Un développement en lien avec la lecture.....	16
B) Modèles	
théoriques.....	18
1) Les différentes approches théoriques de l'écriture.....	19
a- Cognitive.....	19
b- Dynamique.....	20
2) Les principaux modèles d'écriture issus des théories cognitives.....	20
a- Ellis et Young (1988) :.....	20
b- Van Galen (1991) :.....	22
C) Facteurs endogènes de l'écriture.....	24
1) Motricité	
fine.....	24
2) Intégration visuomotrice.....	24
D) Trouble	de
l'écriture.....	24
1) Définitions.....	25
2) Évaluation.....	26
Le BHK.....	26
La Tablette Graphique.....	28
3) Comorbidité.....	28
E) Les	rééducations
l'écriture.....	29

1) Technique d'entraînement de programme moteur.....	29	
2) Méthode de l'auto-instruction de Jongmans.....	30	
3) Technique de présentation multi-sensorielle des lettres.....	31	
III. État des connaissances des Troubles de l'écriture dans l'Autisme.....	31	
A) Les spécificités des troubles de l'écriture chez les enfants TSA.....	32	
B) Les causes pouvant être à l'origine des spécificités de la dysgraphie autistique.....	34	
Partie Pratique.....	35	
I. Présentation		de
l'enfant.....	35	
A) Anamnèse.....		
....	35	
B) Les		
Bilans.....	3	
6		
1) Orthophoniste.....		
.....	36	
2) Psychomotricien.....		
.....	37	
3) Psychologique.....		
.....	38	
II. Protocole		de
rééducation.....	38	
A) Émergence		d'un
protocole.....	39	
		2
1) Cas		de
Malo.....		
39		
2) Complément		
d'évaluation.....	39	
BHK.....	3	
9		
Visuo-		
perceptif.....	40	
Item Dextérité Manuelle du MABC-2.....	41	
Observations		cliniques
:.....	41	
Observation de l'écriture au moyen d'une tablette graphique :	42	
3) Le		
protocole.....		
.....	42	a)
Jongmans.....		
.....	43	
b) Présentation		multi-sensorielle
lettres.....	43	des

c) Entraînement	au	programme	
moteur.....			44
d) Outils mis en place pour observer les			
changements.....	45	1- La	Tablette
Graphique.....			45
2- Grille d'observation.....			45
B) Présentation des exercices des			
séances.....	46		
1) Protocole.....			
.....	47	a) Déroulement	des séances
:			47
b) Présentation des exercices du Protocole final (modifié)			
:			48
c) Problèmes rencontrés			
:			50
III. Résultats.....			5
0			
A) Comparaison Bilan test-			
retest.....	50		
Résultat du re-test BHK :			51
Résultat du retest Dextérité Manuelle de MABC-2 :			52
B) Comparaison des Observations			
Cliniques.....	53		
Tablette			
Graphique.....			53
Bruit			
Moteur.....			55
Grille			
d'évaluation.....			58
Discussion.....			6
0			
Conclusion.....			6
5			
Bibliographies.....			6
7			
Annexes.....			77
Abstract et résumé.....			82

Introduction

Au cours de ma troisième année de formation à l'institut de psychomotricité, j'ai eu l'opportunité de réaliser mon stage dans un. Làbas j'y ai rencontré Malo un jeune garçon de 9 ans porteur de trouble du spectre autistique (TSA). Ce jeune garçon faisait partie des enfants dont ma maître de stage m'avait laissé les prises en charge.

j'étais libre de prioriser ses besoins et d'y axer ma rééducation. Ainsi en prenant connaissance de son dossier et en travaillant avec lui j'ai pu observer l'ensemble de ses difficultés et plus particulièrement ses problèmes d'écriture, très importants pour son âge.

De nos jours, malgré l'essor de la technologie, l'écriture occupe encore une place fondamentale dans notre quotidien. C'est une activité complexe qui peut être utilisée comme moyen de communication, comme support à la pensée, comme socle aux apprentissages. L'écriture est actuellement au cœur des programmes scolaires mais nécessite un apprentissage complexe qui peut parfois poser soucis à certains enfants. En France, depuis la loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, de plus en plus d'enfants porteurs de handicap sont scolarisés en milieux ordinaires, il est donc important de veiller à la bonne acquisition de cette capacité pour préserver leur intégration.

Dans ce mémoire je vais m'intéresser à l'écriture, en tant qu'habileté graphomotrice, chez un enfant porteur de TSA. Quelles sont les difficultés que cet enfant peut rencontrer lorsqu'il écrit et comment peut-on l'aider à s'améliorer ? Plus précisément je me demanderai comment aider Malo face à ses difficultés d'écriture.

Pour ce faire, je m'intéresserai dans cette partie théorique, d'une part à la population autistique, quels sont les critères de diagnostic mais aussi quelles spécificités caractérisent ces individus. Le second chapitre de la partie théorique sera consacré à l'écriture manuelle, ses prérequis, son développement, les modèles théoriques qui la sous-tendent et enfin les difficultés que l'on peut rencontrer dans ce domaine. Pour conclure cette partie je m'intéresserai plus particulièrement à la dysgraphie dans le cadre de l'autisme.

Dans la seconde partie de ce mémoire je vous présenterai la rééducation de l'écriture qui a été proposée à Malo et les résultats obtenus.

Partie théorique

I. Autisme

Le terme d'autisme est introduit au début du XXème siècle par Bleuler (1911) pour décrire les symptômes de repli sur soi chez les adultes schizophréniques ; il vient du grec « autos » qui signifie « soi-même ». L'autisme sera ensuite décrit en 1943 par le psychiatre Léo Kanner et un an après par Hans Asperger chez des enfants et des adolescents. De leurs observations, ils soulèvent les perturbations du contact affectif, les difficultés à établir des relations normales, les difficultés dans la communication et des stéréotypies motrices observables chez ces jeunes autistes. Aujourd'hui, l'autisme est intégré dans un ensemble plus vaste, celui des troubles du spectre de l'autisme (TSA), classé dans les troubles neurodéveloppementaux.

A) Critères diagnostiques

Depuis 2005, la Haute Autorité de Santé (HAS) reconnaît l'autisme comme un trouble neurodéveloppemental, le considérant ainsi comme un trouble qui perdure tout au long de la vie malgré les traitements mis en place (médications, rééducations...). Aujourd'hui, en raison de l'augmentation de sa prévalence et de la place qui lui est faite dans la communauté, l'autisme est considéré comme un véritable enjeu de santé publique.

Critère DSM-V

I. Déficit de la communication et des interactions sociales dans des contextes variés

- Déficiences de réciprocité socio-émotionnelle : perception/ expression des émotions, ajustement émotionnel, initiatives sociales, attention conjointe, pragmatisme de communication (entretenir l'interaction).
- Déficiences des comportements verbaux et non verbaux : regard, mimiques, gestes descriptifs, conventionnels, comportement proxémique (pas de geste), non coordination des outils de communication.

- Déficits du développement et entretien des relations à autrui conforme au niveau de développement : ajustement au contexte social, partage des jeux, initiatives relationnelles décalées.

II. Comportements restreints et répétitifs des intérêts ou des activités

- Discours, mouvement ou utilisation d'objets stéréotypés ou répétitifs
- Attachement excessif à des routines, comportement ou discours ritualisés, résistance aux changements
- Intérêt particulièrement restreint et sélectif, anormalement focalisé ou intense
- Hyper ou hypo réactivité ou intérêt à des stimuli sensoriels ou aspects sensoriels de l'environnement.

III. Symptômes présents dès les premières étapes du développement

IV. Retentissement cliniquement significatif dans le fonctionnement au quotidien de la personne

V. Diagnostic différentiel : Ces troubles ne sont pas mieux expliqués par une déficience intellectuelle (DI), ou un retard global de développement.

Les critères diagnostiques présentés ici résultent d'un fonctionnement neurologique spécifique aux personnes porteuses de TSA. Les réseaux neuronaux ne sont pas les mêmes que chez une personne « neurotypique », ainsi il en résulte des particularités dans le fonctionnement. Les prochaines parties porteront sur ces spécificités d'être au monde, propres aux TSA, d'une part sur le versant cognitif et d'autre part sur le versant des praxies.

B) Fonctionnement de la personne TSA

1) Flexibilité mentale

La flexibilité mentale est la capacité à passer d'une pensée ou d'une action à une autre en fonction des exigences du milieu. Pour mesurer cette capacité les études utilisent généralement des épreuves de tri de cartes comme celle du Wisconsin (WCST) (tri selon couleur, forme ou nombre). A travers son étude, Van Eylen et al (2011) montre que le nombre moyen d'erreurs de persévérance est plus élevé pour le groupe des TSA que pour celui des sujets au développement typique, témoignant ainsi des troubles de la flexibilité cognitive chez les enfants atteints de TSA .

Dans son livre Perrin et al (2019) met en évidence deux problématiques dues à cette inflexibilité. La première correspond au fait que le sujet TSA a tendance à rester bloqué dans un type de traitement cognitif alors même que celui-ci n'est plus adapté. Tandis que la seconde porte sur des problématiques de généralisation, absence de transfert entre deux situations semblables qui ne sont pas reconnues par le TSA comme analogues ou inversement, application d'une conduite inappropriée parce qu'un élément de la situation en rappelle une autre. Ce manque de flexibilité se traduit chez ces personnes comme des résistances aux changements, entravant l'apprentissage.

2) Planification

La planification n'est autre que la capacité à déterminer et organiser les moyens et les étapes nécessaires à la réalisation d'un objectif, elle implique très souvent une série de sous-actions. Grâce à de nombreuses études portées sur le sujet on a pu relever, à l'aide de tests comme la tour d'Hanoi ou de Londres, des difficultés de résolution de problème et donc de planification chez les personnes porteuses d'autisme.

En plus de ces difficultés dans la résolution de problème il existe des difficultés dans les processus de planification motrice. Pour Ayres (2000), en l'absence de symptômes moteurs, la dyspraxie se réfère à un trouble dans l'aptitude à planifier et à exécuter les mouvements. Rogers et coll. (1996) ont donc testé l'hypothèse selon laquelle certaines dyspraxies chez l'autiste pouvaient être dues à des problèmes d'imitation et de planification. Ils ont en effet trouvé que les personnes autistes ont généralement de moins bonnes performances que le groupe contrôle sur les mouvements séquentiels comparés aux mouvements simples, suggérant ainsi que la planification et l'exécution de mouvements complexes pourraient être déficitaires dans l'autisme. Dans son expérience Rinehart et al (2006) va même plus loin en démontrant que c'est le temps de préparation au mouvement qui est allongé chez les enfants TSA, suggérant un déficit dans la phase de planification du mouvement.

C) Les praxies

Nous venons de voir que les fonctions exécutives en particulier les capacités de flexibilité mentale et de planification étaient très souvent déficitaires chez les personnes porteuses de TSA. Ces atteintes vont elles-mêmes impacter l'organisation et la réalisation des mouvements, des praxies. Ainsi la difficulté dans le changement de traitement cognitif, les problèmes de planification et d'anticipation du mouvement, pour ne citer qu'eux, sont un frein à la généralisation d'un apprentissage tout comme à la réalisation d'un mouvement. Cependant le déficit des fonctions

exécutives chez les TSA n'est pas la seule raison de leurs difficultés motrices. Ils se trouvent qu'ils présentent aussi des difficultés dans l'ajustement du mouvement durant l'action. Les personnes porteuses d'autisme se retrouvent donc, en plus de leur problème de conception et de planification du mouvement, mises à mal par des difficultés d'ajustements, et se voient dans la difficulté de pallier aux problèmes. Nous allons voir ici quels sont les mécanismes impactés dans l'ajustement d'une action chez la personne autiste.

L'implication des informations visuelles dans la planification et l'exécution d'un mouvement a été étudiée par Hughes (1996) lors d'une tâche de portée, de saisie et de placement de tiges sur des disques, où il constate que les enfants TSA n'emploient pas de prise correctement planifiée avant de saisir l'objet. Il fait donc l'hypothèse que ces difficultés de planification sont dues soit à un déficit dans le séquençage, soit à une incapacité à prédire le mouvement, soit à une altération du contrôle visuel du mouvement.

1) Difficultés dans l'utilisation des informations visuelles

En étudiant comment les enfants autistes percevaient le mouvement, certains auteurs ont pu mettre en évidence des désordres dans la perception visuelle et l'intégration visuo-motrice du mouvement.

Nous savons que dès tout petits, les enfants réagissent aux mouvements de leur environnement en adaptant leur posture (Butterworth et Hicks, 1977), cependant ce contrôle postural est extrêmement dépendant de la vision. Dans leur étude Gepner et al (1995) ont montré que les enfants TSA avaient une très faible réactivité posturale à la vision d'un mouvement ambiant, provoquant ainsi des anomalies posturo-motrices. Cela traduit des difficultés dans la perception du mouvement environnant. Gepner et Mestre (2002a) ont poussé la recherche plus loin en constatant que chez ces enfants le contrôle postural pouvait être possible à condition que le mouvement soit lent alors qu'il était impossible lors de mouvement rapide. Le facteur de vitesse pourrait donc être un élément explicatif des difficultés de perception du mouvement chez les enfants autistes.

En étudiant un autre versant de la perception du mouvement chez ces enfants, de nombreuses études comme celle de Spencer et al (2000) ou encore de Pellicano et al (2005) ont montré une moindre réactivité visuo-oculomotrice en réponse à des mouvements de points sur un écran. Les résultats de ces études confortent ceux exposés plus haut et vont dans le sens de l'existence d'un déficit de la vision du mouvement chez les enfants autistes. L'intégration sensorielle des informations visuelles nécessaires à l'ajustement du mouvement pendant l'action pourrait être mise à mal par la vitesse de ces informations.

2) Perception des séquences

Le déficit dans la perception et l'intégration des informations visuelles ne constitue pas à lui seul la cause des problèmes de planification dans le mouvement. La perception que les personnes autistes ont de leur environnement pourrait elle aussi jouer un rôle.

Les personnes TSA possèdent un traitement de l'information particulier. Certains auteurs pensent que le fonctionnement mental repose sur les notions de cohérence centrale et de cohérence périphérique. La cohérence périphérique permettrait l'intégration de tous les stimuli de l'environnement perçus par le sujet, tandis que la cohérence centrale servirait à traiter et interpréter ces informations dans une perspective globale. Pour Happé et Frith (2006), il y aurait un défaut de cohérence centrale chez la personne autiste, qui se traduirait par un déficit du traitement perceptif global en faveur d'une perception focalisée sur les détails. La personne TSA serait donc dans l'incapacité de faire le lien entre toutes ces perceptions.

Cette particularité de traitement se retrouve dans l'épreuve des « triangles » de Planche et al (2002) où les enfants TSA doivent assembler plusieurs triangles pour former une figure globale. Les observations cliniques et les résultats montrent que les enfants abordent cette tâche de manière séquentielle et qu'ils ont beaucoup de mal à percevoir la forme globale qu'ils doivent construire.

On peut ainsi aisément comprendre comment ce défaut de cohérence centrale entrave la réalisation des mouvements. Cette difficulté est d'autant plus importante lorsque le mouvement est complexe, composé de plusieurs unités. L'enfant TSA n'a alors qu'une perception isolée de chacune des parties, créant ainsi des difficultés à les ordonner et les enchaîner.

3) Anticipation

Le problème de planification de gestes que l'on retrouve chez les personnes autistes pourrait aussi être dû à des difficultés d'anticipation du mouvement. C'est ce que nous allons voir ici. L'anticipation peut-être définie comme la capacité à prévoir quelles seront les conséquences de notre action sur l'environnement ou sur nous-mêmes, elle permet de rendre le monde prédictible et cohérent (Assaiante & Schmitz 2009). Cette fonction s'appuie sur des représentations internes des caractéristiques du corps, de celles du milieu ainsi que de leurs interactions réciproques. La capacité d'anticipation se développe avec l'âge et avec la connaissance que l'on acquiert de notre environnement.

Pour tester les capacités d'anticipation des enfants porteurs de TSA, Assaiante et Schmitz(2009) ont repris le « test du garçon de café ». Cette expérimentation repose sur un constat très simple, lorsque l'on tient un plateau de verres et que l'on souhaite en enlever un sans déstabiliser le plateau

au risque de tout faire tomber, on anticipe le changement de poids que provoquera ce délestage. Ainsi notre bras ne bouge pas et notre plateau reste stable. Grâce aux mesures cinématiques et électromyographiques enregistrées durant l'épreuve, les auteurs constatent que les personnes autistes ralentissent significativement le mouvement de soulèvement de l'objet. Ce ralentissement serait dû à une adaptation fonctionnelle, l'enfant autiste n'utilisant pas de contrôle anticipé, utilise un contrôle rétroactif, c'est-à-dire qu'au lieu d'anticiper il ajuste son geste sur le moment. Ce besoin d'avoir sans cesse des feedbacks va dans le sens d'un dysfonctionnement des processus de mise en mémoire de représentations sensori-motrices.

Dans cette partie nous avons détaillé des éléments atypiques du fonctionnement neurocognitif des personnes TSA et comment ces particularités pouvaient interférer avec les praxies. Dans la prochaine partie nous parlerons de l'écriture, dans un premier temps de manière très générale, puis de manière plus spécifique en la mettant en lien avec le fonctionnement des personnes autistes.

II. Écriture

L'écriture, de par son omniprésence dans notre quotidien, est une compétence importante dans la vie d'un individu. C'est à la fois un moyen de communication et un outil d'apprentissage. Elle permet l'accès aux connaissances, leur organisation et leur restitution. Cependant son apprentissage est un processus long et complexe qui se développe en parallèle de l'apprentissage de la lecture et qui fait appel à de nombreuses compétences transversales aussi bien intrinsèques qu'extrinsèques (cognitif, linguistique, mémoire, motricité fine, perception visuelle, contrôle visuo-moteur...). De par sa sollicitation dans le cadre scolaire il est important pour les professionnels de santé d'accorder à l'écriture une attention toute particulière. D'autant plus que de nombreuses études indiquent que 10 à 30 % des enfants en âge scolaire éprouvent des difficultés dans ce domaine. Nous allons ici exposer les prérequis au développement de cette compétence, les mécanismes qui la sous-tendent ainsi que les troubles pouvant être engendrés par une difficulté dans son apprentissage.

A) Acquisition et développement

1) Du dessin à l'écriture : L'évolution de l'activité graphomotrice

L'acquisition de l'écriture dure un bon nombre d'années et passe par différentes phases. Une des plus importantes est le passage du dessin à l'écriture. Les voies neurologiques traitant ces deux activités se différencient, le dessin faisant appel à une boucle fermée, un contrôle rétroactif nécessitant l'apport continu de feedback pour effectuer un tracé et l'écriture qui, quand elle est automatisée,

utilise une boucle ouverte, un contrôle proactif dont une partie du mouvement est stockée en mémoire sous forme de programme moteur. Le passage entre ces deux activités se produit lorsque l'enfant réalise qu'elles ont toutes les deux une fonction bien différente : le dessin est une activité ludique tandis que l'écriture est une activité sérieuse (Noyer 2005).

Jusqu'à ses 6 ans le jeune enfant travaille les pré-graphismes s'entraînant d'une part aux formes de base qui serviront à produire des lettres et d'autre part à la maîtrise de l'outil scripteur (prise et guidage). Vers 6-7ans il apprend la formation des lettres et leur assemblage dans un mot (étape contrôlée par la vision, pas encore d'automatisation). De 7 à 8 ans on constate une nette amélioration de la qualité des lettres, de l'alignement sur la ligne et de la régularité dans les espacements des lettres. Puis vers 9 ans survient une petite « régression », diminution de la vitesse d'inscription au profit de la qualité. A partir de 10 ans, la lettre devient stable et s'automatise vraiment, on observe le passage vers un contrôle proactif avec la présence de programmes moteurs correspondant à la formation des lettres. Enfin de 10 à 12 ans l'écriture se personnalise.

2) Les différents types d'écriture : Avantages et inconvénients

Les attentes en terme d'écriture varient en fonction de l'âge et de la classe scolaire de l'enfant. Ainsi d'une manière générale c'est le cadre scolaire qui va plus ou moins induire le type d'écriture que l'enfant doit maîtriser, en fonction d'où il en est dans l'apprentissage de l'écriture.

En maternelle il lui sera demandé d'écrire en capitales d'imprimerie, puis cursives quand il passera en primaire. Enfin en fin de primaire début du collège il pourra personnaliser son écriture en optant pour du script ou des écritures mixtes (s'adaptant mieux aux contraintes de vitesse exigées par le niveau scolaire).

Quels sont les avantages et les inconvénients du script et du cursif ? On peut parallèlement se demander si connaître ces particularités pourrait permettre aux enfants présentant des difficultés dans la tâche d'écriture, de sélectionner un type d'écriture au dépend d'un autre selon les problèmes qu'ils rencontrent, améliorant ainsi leur écriture. Ou encore assouplir le fonctionnement scolaire et donner la possibilité à tous les enfants d'expérimenter et de choisir la police d'écriture qui leur convient le mieux.

	Écriture Scripte	Écriture Cursive
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Les lettres sont plus faciles à former que les cursives - Moins de changement de direction dans la formation des lettres - Les lettres ressemblent à celles des documents imprimés qui servent souvent de support éducatif à l'école 	<ul style="list-style-type: none"> - Évite les inversions de lettres comme « b » et « d » car leur forme est très différente - Toutes les lettres troncs comme non tronc commencent dans le même espace - L'écriture cursive contribue à la formation de programme moteur de graphèmes - L'espace entre les mots est clair
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - L'inversion des lettres est plus fréquente qu'avec la cursive. - Le point de départ des lettres ne se trouve pas toujours dans le même espace. Par exemple le « t » se commence par en haut. - L'espace entre les mots est moins bien délimité dans un texte écrit en script 	<ul style="list-style-type: none"> - Apprentissage des lettres plus difficile car la forme est plus complexe - Changement de direction fréquent - Les lettres diffèrent de celles d'imprimerie (cela peut augmenter les difficultés de copies pour certains jeunes).

Les écritures mixtes sont souvent un bon compromis entre le script et la cursive et permettent de cumuler les avantages tout en évitant un maximum leurs inconvénients. De plus Graham et al (1998) ont montré au travers de leur étude que pour une tâche de copie, une écriture mixte est plus rapide qu'une écriture 100 % scripte ou 100 % cursive. Ce gain de vitesse s'explique par le peu de changement de direction que comporte cette écriture.

3) Développement de la prise

Lors de l'apprentissage de l'écriture, le mouvement guidant le stylo n'est pas directement dirigé par les doigts et le poignet, tout un processus de développement de la motricité se fait avant. Tout d'abord la motricité évolue pour tendre vers la libération progressive du membre supérieur avec le redressement de la tête et du tronc. L'appui du membre supérieur sur la table est ainsi diminué permettant une meilleure dissociation des segments du membre supérieur (Ajuriaguerra et al 1964 ; Blöte, 1988). Le mouvement venant de l'épaule et du coude lors des débuts de l'apprentissage de l'écriture est remplacé par un mouvement poignet-doigt.

Tout comme la motricité de l'activité d'écriture, la prise de l'outil scripteur subit elle aussi une évolution qui est très étroitement liée au développement de la motricité fine et à celui du déliement digital. Bien que ce développement soit universel les âges d'apparition peuvent varier. L'étude de Rosenbloom et Horton (1971) donne une idée des âges d'évolution : jusqu'à 2 ans et demi la prise est palmaire et le mouvement est dirigé par l'épaule et le coude, puis la prise devient tripodique. Le mouvement d'écriture guidé par les doigts et le poignet n'apparaît que vers 4-6 ans. Pour ce qui est de la classification des prises immatures, transitoires et matures, elle varie selon les auteurs, cependant ils s'accordent pour considérer les prises palmaires comme immatures et les prises tripodiques comme matures.

En ce qui concerne le changement de prise, il est préférable de ne l'envisager que dans les premiers temps de l'apprentissage de l'écriture lors de la présence d'une crampe de l'écrivain ou d'une écriture déficitaire.

4) Un développement en lien avec la lecture

La lecture et l'écriture sont des activités complexes qui mobilisent un nombre important de connaissances et de capacités cognitives.

Ces deux activités présentent des similitudes importantes, on remarque aisément qu'elles nécessitent toutes deux la connaissance des règles de communication, un système sémantique, une connaissance phonologique... Ainsi lors d'un apprentissage en parallèle de l'écriture et de la lecture les progrès dans un des domaines influenceront les progrès dans l'autre. Des chercheurs se sont intéressés aux liens qu'il existait entre lecture et écriture. Le neurologue PICK décrit en 1924 le cas d'une de ses patientes : après un AVC la jeune femme développa une aphasie profonde cependant elle arrivait encore à recopier par écrit tous les mots qu'elle voyait dans sa langue maternelle. Le

neurologue fit ainsi l'hypothèse d'un réflexe déclenché par la perception visuelle d'un mot. Il suppose alors que les circuits cérébraux gérant l'écriture et la lecture sont si fortement liés au cours de l'apprentissage que la simple lecture provoquerait automatiquement une trace motrice.

Kandel, Soler, Valdois et Gross (2006) font part quant à eux d'un autre lien entre ces deux activités. D'un point de vue développemental l'enfant va commencer par mémoriser un programme moteur de la lettre sous forme de séquence de traits constituant cette lettre, puis il mémorise la lettre en unité entière et enfin il élabore des programmes moteurs de graphèmes (ex : « qu » stocké en entier et non comme un « q » et un « u »). La présence de ces graphèmes montre une certaine automatisaion de l'écriture et donc une meilleure qualité, fluidité mais aussi une plus grande vitesse d'inscription. Cela permet aussi la libération de processus cognitifs réutilisables autrement (planification, organisation de phrases, génération d'idées...). Cela dit, la capacité à identifier les graphèmes est très dépendante du niveau de développement de la lecture. Ainsi, mieux l'enfant lit, plus il est capable de repérer des graphèmes et de les mémoriser, plus il améliorera son écriture.

Il faut cependant se méfier de l'idée que l'on a de voir l'écriture comme le versant moteur de la lecture. C'est en effet un phénomène propre qui peut lui aussi influencer la lecture. Des études utilisant différentes techniques (stimulation magnétique transcrânienne, imagerie cérébrale) ont pu prouver que la connaissance motrice acquise lors de l'apprentissage de l'écriture participe à la reconnaissance visuelle de l'écrit. Bartolomeo et al (2002) le justifie à l'aide du cas d'un patient atteint d'alexie (trouble de la discrimination et de la reconnaissance des caractères) et présentant un déficit d'imagerie visuelle de lettres. Ce patient était incapable d'évoquer mentalement la forme d'une lettre mais cette capacité était nettement améliorée s'il traçait la lettre avec son doigt. Ainsi les lettres ne sont pas uniquement traitées par les aires visuelles, elles le sont aussi par les régions impliquées dans l'écriture. L'accès à l'identification d'une lettre peut ainsi se faire en activant un programme moteur. Des protocoles de rééducation de la lecture en se basant sur le traçage des lettres avec le doigt ont d'ailleurs vu le jour et se sont révélés très efficaces.

Nous avons pu voir que les apprentissages de la lecture et de l'écriture se développent de manière étroite et se soutiennent mutuellement. Cependant cela reste deux fonctions distinctes, on peut soutenir cette indépendance par le constat que certains troubles touchent l'écriture sans impacter la lecture et inversement.

B) Modèles théoriques

De prime abord l'écriture peut être perçue comme une activité de langage de par ses caractéristiques communes avec la lecture.

Mais l'écriture est aussi une activité motrice. C'est un mouvement régi par ses propres règles que l'on regroupe sous le terme d'invariants spatiaux et temporels. C'est d'ailleurs l'acquisition de ces invariants qui permettra l'automatisation de l'écriture.

Au travers de l'étude approfondie de la production graphique et de son analyse cinématique, Viviani et al (1983; 1980) va mettre en évidence un grand nombre de ces invariants :

- La loi de puissance $2/3$: Le rayon de courbure d'une trajectoire est relié à la vitesse tangentielle du mouvement c'est-à-dire que la vitesse diminue lors du tracé d'une courbe et augmente lors de traits rectilignes.

Par exemple lorsque l'on trace la lettre « L » en cursif notre mouvement va être rapide lors du tracé rectiligne (rouge sur l'image) et plus lent pour les courbes (bleu sur l'image).



- L'équivalence motrice ou homothétie spatiale : Existence d'un schéma général de la lettre quel que soit l'outil scripteur utilisé (crayon, stylo, craie...), le support (papier, tableau ...), la taille de la lettre ou le membre employé pour l'écrire. C'est-à-dire que peu importe les conditions d'écriture de la lettre, elle garde sa structure, sa forme. L'homothétie spatiale peut être mise à mal lorsqu'une contrainte de vitesse est appliquée.

- Les invariants temporels (homothétie temporelle et isochronie) : L'homothétie temporelle correspond au constat que la durée pour écrire chaque partie d'un mot de même taille à des vitesses différentes est proportionnelle à la durée totale de l'écriture du mot entier. L'isochronie renvoie à une augmentation de la vitesse de réalisation du mouvement proportionnelle à l'augmentation de la taille de l'écriture. Cela veut dire que la vitesse augmente en même temps que la taille, ainsi on mettra le même temps pour réaliser la lettre « L » si on l'écrit en petit ou en grand. La durée de production est donc dépendante de la taille mais uniquement si la variation de la taille n'est pas trop importante (Wright 1990).

Ces invariants, prouvés bien que non absolus, font de l'écriture une activité stable qui met en jeu à la fois des processus moteurs et cognitifs. Dans la partie qui suit nous parlerons des approches théoriques de l'écriture comme activité motrice.

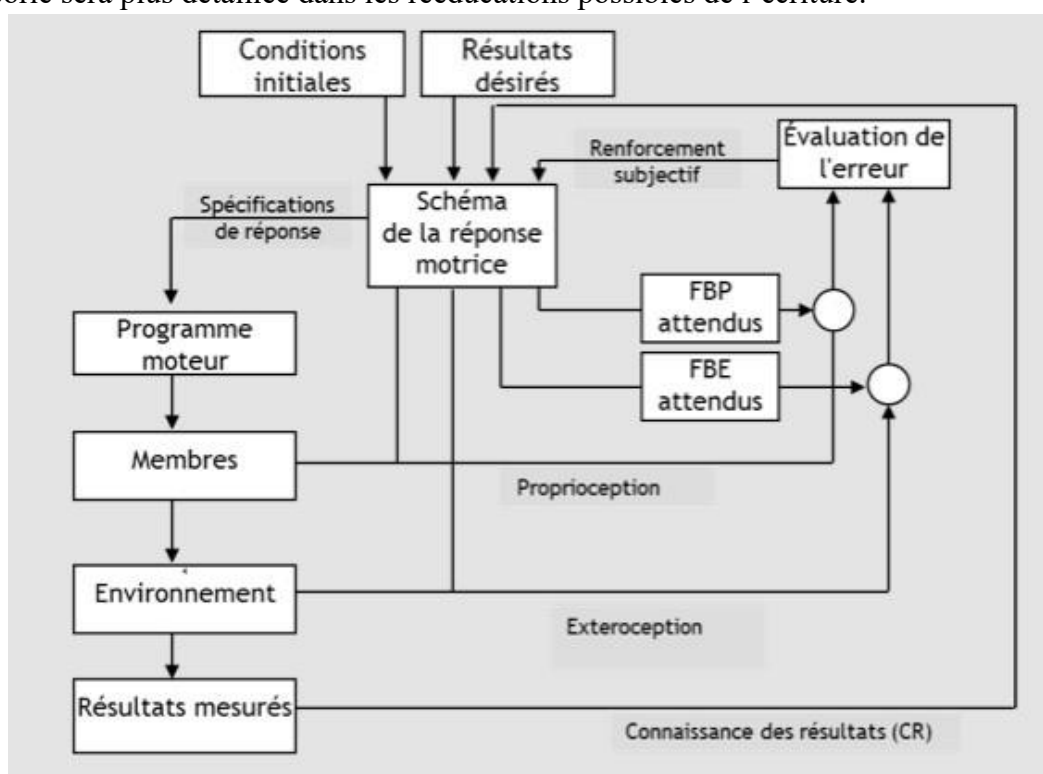
1) Les différentes approches théoriques de l'écriture

Les auteurs ont cherché à savoir quels mécanismes étaient impliqués dans la production motrice de l'écriture. A l'heure actuelle la littérature fait état de deux approches théoriques du contrôle moteur : les approches hiérarchiques et les approches dynamiques.

a- Cognitive

Cette approche part du constat que l'écriture est une activité motrice trop rapide pour être contrôlée par des feedbacks. Elle fait alors le postulat qu'il existerait une programmation motrice qui se ferait en amont. Ainsi de nombreux auteurs ont écrit à ce sujet en faisant évoluer ce concept de programme moteur jusqu'à la théorie des schémas de Schmidt (1975 ; 1988). Ce dernier propose l'existence de schémas moteurs généralisés (PMG) qui seraient stockés en mémoire et qui correspondraient à chacune des classes de mouvement. Ce programme serait composé d'une partie variable et d'une autre invariable. Ainsi la réalisation d'un mouvement commence par la sélection d'un programme moteur généralisé et se poursuit par la spécification des paramètres variables.

Cette théorie sera plus détaillée dans les rééducations possibles de l'écriture.



La théorie des schémas (d'après Schmidt, 1988, p.487)(FBP= feedback proprioceptif, FBE= feedback extéroceptif)

b- Dynamique

Les théories dynamiques ne font pas état de PMG mais voient la formation de la trace écrite comme la résultante d'un compromis entre les contraintes environnementales et les contraintes du système effecteur. La coordination dépendrait d'une auto-organisation, c'est-à-dire que le mouvement se formerait, se maintiendrait et se dégraderait par lui-même,

Ce postulat prend sa source dans les théories dynamiques de l'analyse d'un mouvement qui constatent que lorsque que nous réalisons un geste, nous devons coordonner les déplacements de plusieurs segments et articulations. Notre système perceptivo-moteur a donc pour rôle d'assembler

des ensembles musculo-articulaires et segmentaires et cette coordination se traduit par des relations spatio-temporelles entre les composants du système à coordonner.

Pour ces théories le mouvement résulte du couplage qui s'opère entre les différents composants, traduisant l'adaptation du système aux contraintes qui s'appliquent à lui. Ainsi l'émergence de ces formes ne requiert pas nécessairement la présence d'un programme ou d'un contrôleur intelligent stocké dans le système. Pour le prouver Hoyt et Taylor (1981) réalisent une expérience où ils placent un cheval sur un tapis roulant. En augmentant la vitesse du tapis ils observent le changement de patron de coordination de l'animal prouvant que pour s'adapter aux contraintes de l'environnement il passe du pas, au trot, au galop. Cela met donc en évidence le fait que l'organisme s'adapte de façon automatique aux contraintes imposées par l'environnement de sorte que le coût énergétique soit le moins onéreux et que le régime adopté par le sujet soit le plus confortable.

2) Les principaux modèles d'écriture issus des théories cognitives

Nous allons présenter les différents modèles neuropsychologiques issus des théories cognitives.

a- Ellis et Young (1988) :

Ce modèle décrit les voies neurologiques ascendantes et descendantes permettant la reconnaissance et la production du langage oral et du langage écrit. Elles sont constituées de différents modules, chacun responsable d'une étape du traitement. Nous développerons uniquement les mécanismes spécifiques à la préparation à l'écriture.

- L'identification du mot : dépend de l'entrée de l'information. Cette identification peut se faire soit par le module « système d'analyse visuelle » si le mot ou la lettre vient d'une source écrite, soit par le module « système d'analyse auditive » si le mot vient d'une source orale, auditive.

- La reconnaissance du mot : Selon si le mot à coder est lu ou entendu les modules qui permettront la reconnaissance de mots familiers sont le « lexique d'entrée visuel » pour le mot lu et le « lexique d'entrée auditif » pour le mot entendu. Ces informations sont ensuite transmises au système sémantique qui les redirigent vers le module « lexique de sortie graphémique » qui a pour rôle le stockage temporaire de différentes unités graphiques jusqu'à la réalisation graphique ainsi que la structuration graphique à travers l'organisation des lettres dans un mot.

- Le « buffer graphémique » ou « niveau graphémique » a pour objectif de sélectionner les lettres qui permettent la transcription des phonèmes en graphèmes. Il agit en parallèle avec le « lexique de sortie graphique ».
- Le module « niveau allographique : stocke les représentations allographiques c'est-à-dire les différentes formes d'un graphème (majuscules, minuscules, scriptes, cursives...) permettant ainsi de choisir la forme de sortie la lettre.
- Pour finir le « patron graphomoteur » qui correspond à la programmation motrice. Il contient le schéma moteur graphique permettant de réaliser les mouvements avec les indications de direction, de séquences, de taille des traits et de disposition spatiale"

Ce modèle possède aussi une boucle rétroactive permettant la correction au moment de l'écriture

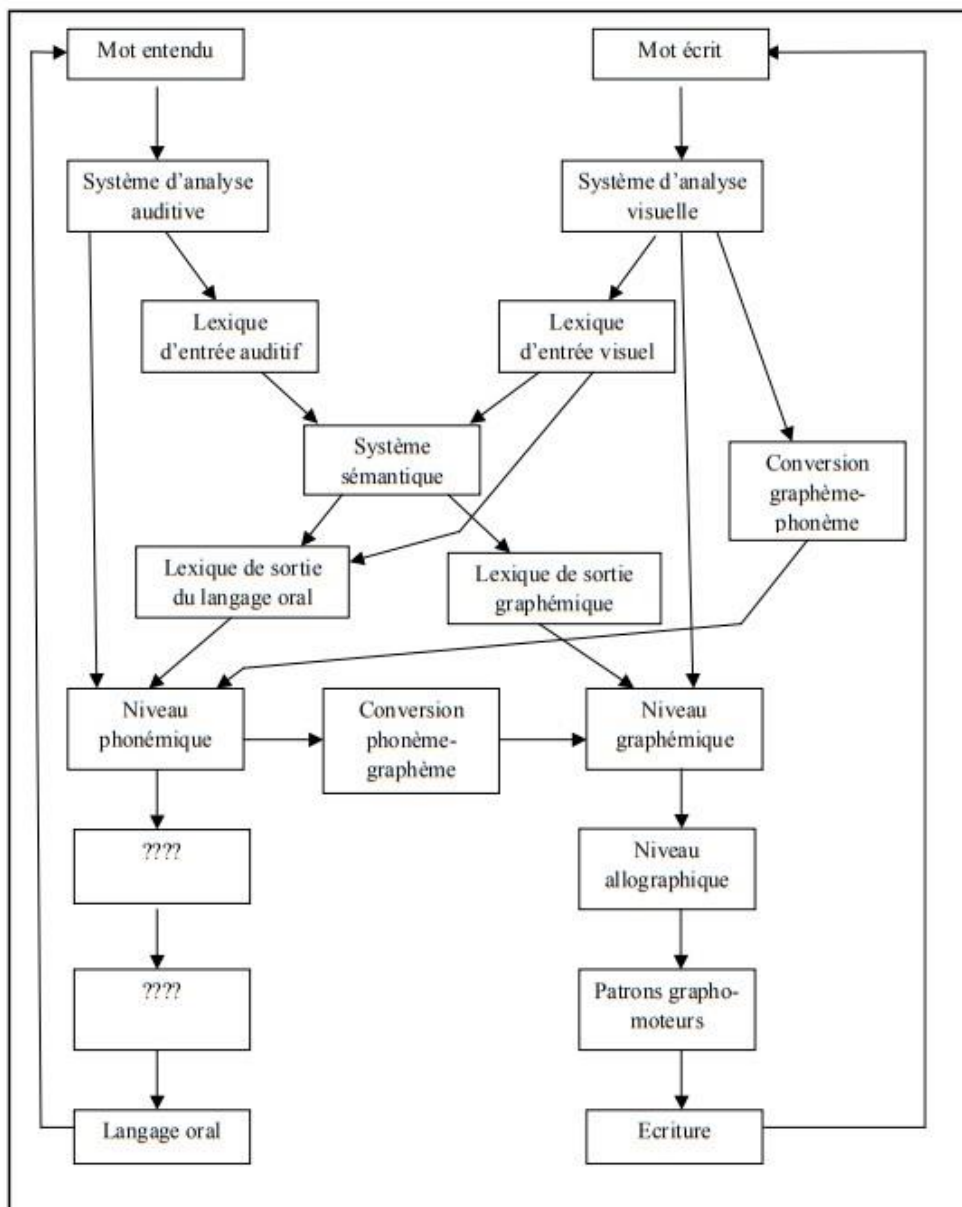


Figure 1 : Modèle de l'écriture selon Ellis et Young (1988), traduit par Albaret, Kaiser et Soppelsa (2013)

b- Van Galen (1991) :

Le modèle de Van Galen considère la production de la trace écrite comme le traitement simultané mais parallèle des informations linguistiques et motrices. C'est un modèle modulaire et hiérarchisé, c'est-à-dire que chaque sous-système traite l'information indépendamment des autres et donne ses résultats à la partie inférieure qui la traite à son tour. La partie supérieure du schéma constitue la partie linguistique mais nous traiterons ici uniquement la partie correspondant au contrôle moteur qui débute après le module « épellation » .

- Le module "sélection d'allographe" qui permet la sélection, dans la mémoire à long terme, du programme moteur d'une lettre selon sa police d'écriture (script, cursive, majuscule, minuscules.).

- Le module « contrôle de taille » : permet le contrôle de la taille et de la vitesse de production de la lettre.

- Le module « ajustements musculaires » : correspond à l'activation des muscles pour la production de la trace écrite.

Contrairement au modèle d'Ellis et Young (1988), le modèle de Van Galen (1991) ne possède pas de feedback car pour lui cet élément n'est pas indispensable à la production de l'écriture. Ce qui est vrai uniquement dans le cas où l'écriture est automatisée.

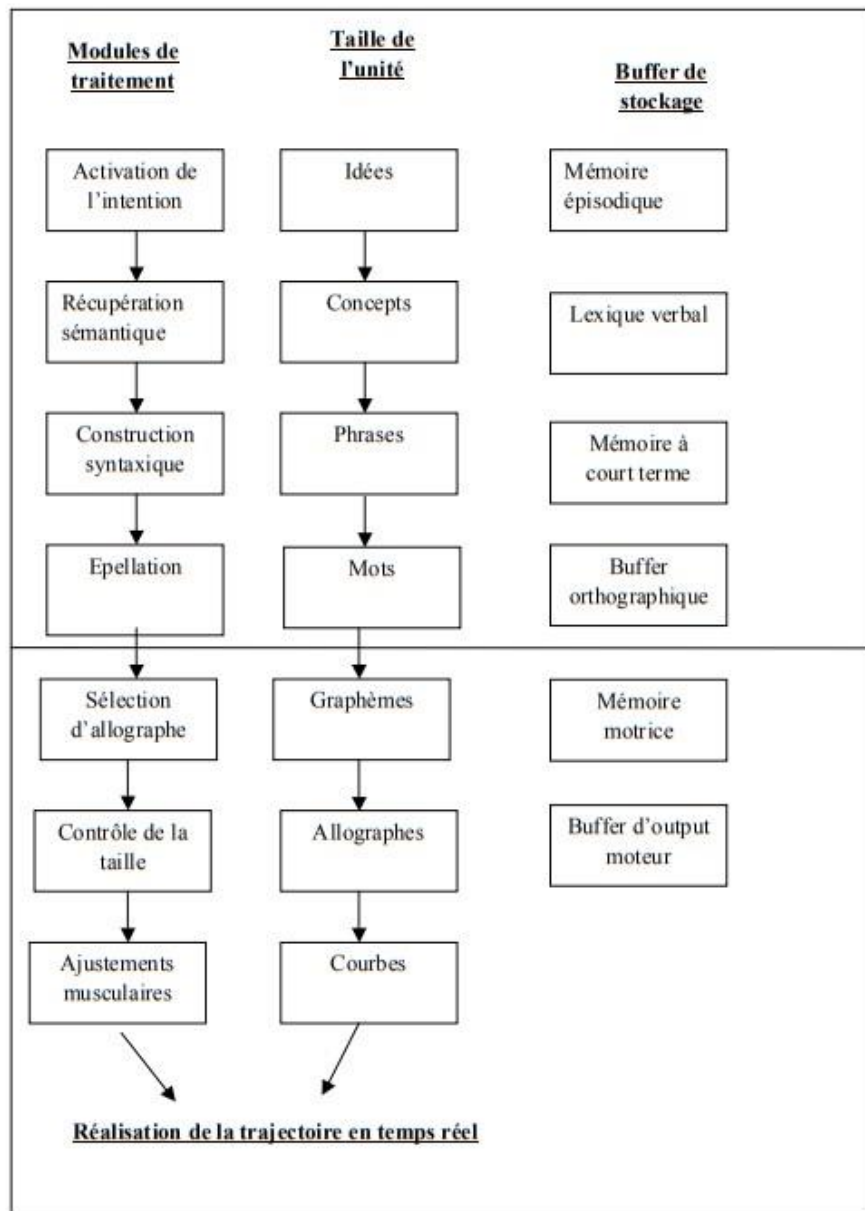


Figure 2 : Modèle de l'écriture selon Van Galen (1991), traduit par Albaret, Kaiser et Soppelsa (2013)

C) Facteurs endogènes de l'écriture

1) Motricité fine

La motricité fine se distingue de la motricité globale par la manipulation d'objets à l'aide des mains. Elle est composée de la motricité manuelle qu' Albaret et Soppelsa (1999) définissent comme « la capacité à faire habilement et de façon contrôlée des manipulations avec le bras et la main sur des objets relativement gros » ainsi que de la motricité digitale « capacité à faire rapidement et habilement des mouvements contrôlés dans la manipulation de petits objets où l'utilisation des doigts est prédominante ». Des expériences ont été menées pour savoir si la dextérité manuelle et la dextérité digitale jouaient un rôle dans la qualité de l'écriture. SmitsEngelsman et al. (2001) constatent que sur

un groupe d'enfants considérés comme scripteurs non performants, la moitié d'entre eux présente un faible score aux épreuves mesurant la motricité manuelle tandis qu'aucun enfant du groupe des bons scripteurs n'obtient un résultat inférieur à la norme. Cela dit, tous les auteurs ne sont pas d'accord. Kaiser (2009), pour n'en citer qu'un, n'a pas trouvé de différence significative entre les résultats obtenus au subtest dextérité manuelle du MABC et les performances des bons et faibles scripteurs. Cependant les études portant sur la dextérité digitale comme celle de Van Hoorn et al (2010) ou encore celle de Weintraub et al (2000) trouvent, elles, un lien avec la qualité d'écriture. Pour conclure, on sait grâce aux connaissances actuelles que la dextérité digitale a une valeur prédictive de la qualité d'écriture.

2) Intégration visuomotrice

L'intégration visuomotrice est définie comme la coordination entre la perception visuelle et la coordination des mouvements des doigts et la main (Beery et al. 2003). Si on compare l'ensemble des résultats des études ayant analysé ce lien, on remarque qu'elles décrivent toutes une relation entre l'intégration visuomotrice et la qualité d'écriture auprès d'enfants âgés de 4 à 7 ans. Cependant les études longitudinales montrent la diminution de ce lien avec l'âge. L'intégration visuomotrice a, donc bien une influence sur la qualité de l'écriture, surtout en début de scolarité.

D) Trouble de l'écriture

L'écriture est une tâche dont l'importance au quotidien n'est plus à prouver, cependant sa maîtrise peut poser problème chez un certain nombre d'enfants ayant pourtant reçu un apprentissage approprié. Selon Smits-Engelsman et al (2001) les résultats au BHK d'une population d'enfants âgés entre six et neuf ans et scolarisés dans un système régulier classeraient 67 % d'entre eux comme bons scripteurs, 27 % comme faibles scripteurs et 6 % comme dysgraphiques. Cette prévalence augmente dans l'enseignement spécialisé Jongmans, Linthorst-Bakker et al (2003) font état de 45,5 % sans problème graphomoteur, 32,4 % de faibles scripteurs et 22,1 % de dysgraphiques dans une population d'enfants âgés de sept à treize ans dans un milieu spécialisé. La dysgraphie est donc un trouble fréquent impactant un bon nombre d'enfants.

1) Définitions

La définition précise de la dysgraphie ne fait pas consensus, et dépend des déficits observés dans ce trouble, en fonction des mécanismes théoriques attribués à ce trouble (Nicolson et al 2011).

Ainsi Fournier del Castillo et al (2010) parlent de dysgraphie « motrice ou périphérique » lors d'altération de l'écriture, lenteur et illisibilité (tremblement, lettres mal formées, télescopage...), causé par des difficultés dans les coordinations motrices fines, la perception visuelle ou encore la proprioception. Deuel (1995) propose un autre sous-type de dysgraphie appelé « dysgraphie spatiale » liée à des problèmes de perception spatiale (altération de l'espacement des lettres, mauvais alignement des lettres, absence de marge...). D'autres auteurs mettent l'accent sur les troubles syntaxiques en parlant de « dysorthographe », « dysgraphie linguistique » ou « dysgraphie dyslexique » (Berninger, V. W. 2008).

Le DSM IV (APA, 2000) mentionne un « trouble de l'expression écrite » parmi les « troubles des apprentissages », cela dit il ne concerne que le versant orthographique et syntaxique et renvoie l'écriture illisible au « trouble de l'acquisition des coordinations » sans plus de précisions (Albaret et al 2013). Le DSM-V (APA, 2015) inclus lui aussi la dysgraphie dans la catégorie des troubles d'apprentissage spécifiques, mais ne la définit pas comme un trouble distinct et ne fait toujours pas explicitement référence à un trouble graphomoteur.

De par la multitude de définitions et le fait que les difficultés d'écriture n'existent pas en tant que trouble spécifique mais uniquement en association avec un trouble moteur ou un trouble d'apprentissage, aucun consensus sur la manière de nommer ces difficultés n'est établi. La littérature scientifique regorge de dénominations différentes pour parler de difficultés manuelles (trouble graphomoteur, dysgraphie, faible écriture manuelle ou encore écriture manuelle non performante) (Albaret et al 2013).

Ainsi pour plus de clarté dans ce mémoire je considérerai la proposition de définition d'Albaret (2013) pour parler de trouble de l'apprentissage de la graphomotricité comme définition de la dysgraphie :

Critère A - Les réalisations en écriture, évaluées par des tests standardisés passés de façon individuelle mesurant la qualité et la fréquence d'inscription de l'écriture, sont nettement audessous du niveau escompté compte tenu de l'âge chronologique du sujet, de son niveau intellectuel, de son niveau de développement psychomoteur général et d'un enseignement approprié à l'âge. Cela peut se traduire par une écriture lente, illisible, comportant des ratures et des formes de lettres irrégulières et variables, un geste manquant de fluidité et de régularité.

Critère B - La perturbation décrite dans le critère A interfère de façon significative avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante faisant appel à l'écriture.

Critère C – La perturbation n'est pas due à une affection médicale générale (ex : infirmité motrice cérébrale, hémiparésie ou dystrophie musculaire), ni à un trouble de l'acquisition des coordinations.

2) Évaluation

Il existe un grand nombre de tests permettant d'évaluer l'écriture, cependant chacun d'entre eux porte sur un aspect différent de l'écriture et y inclut des notions différentes. Certains tests sont orientés vers le processus (le geste) et d'autres sur le produit (la trace) (Albaret et al 2013) mais aucun d'entre eux ne prend en compte toutes les variables impliquées dans l'écriture. Par l'absence, à ce jour, de test complet je vais exposer ici ceux qui me semblent les plus appropriés pour évaluer la capacité d'écriture.

Le BHK

C'est en s'inspirant de l'échelle d'évaluation de l'écriture de Ajuriaguerra (1964) et en y sélectionnant les items permettant d'identifier une dysgraphie qu'Hamstra-Bletz, de Bie et den Brinker (1987) ont créé, leur échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant, qu'ils nomment BHK (Concise Evaluation Scale For Children's Handwriting). Cette dernière fut traduite et étalonnée en français par Charles et al (2003), (Albaret et al, 2013).

Ce test a pour but d'évaluer l'écriture chez une population d'enfants de 6 à 11 ans (CP au CM2) et de repérer d'éventuelles dysgraphies. Durant ce test l'enfant recopie un texte pendant 5 min à une vitesse normale, sur une feuille blanche sans ligne ; on jugera la qualité et la vitesse. La qualité est évaluée sur les 5 premières lignes selon 13 critères :

- critère 1 : écriture grande
- critère 2 : inclinaison de la marge vers la droite
- critère 3 : lignes non planes
- critère 4 : mots serrés
- critère 5 : écriture chaotique
- critère 6 : liens interrompus entre les lettres
- critère 7 : télescopages
- critère 8 : variation de la hauteur des lettres troncs
- critère 9 : hauteur relative incorrecte

- critère 10 : distorsion des lettres
- critère 11 : formes de lettres ambiguës
- critère 12 : lettres retouchées
- critère 13 : hésitations et tremblements

Chacun de ces critères est coté de 0 à 5. Le score obtenu est un score de dégradation, c'est-à-dire que plus il est élevé plus l'enfant rencontre des difficultés. Un score de moins de deux écarts types par rapport à la moyenne témoigne d'une dysgraphie.

L'évaluation de la vitesse d'inscription se calcule en fonction du nombre de caractères écrits en 5 minutes.

Soppelsa et Albaret (2012) créent une version pour les adolescents. Le principe reste le même mais cette fois-ci le jeune sera évalué sur le second paragraphe du texte selon d'autres critères :

- critères 1 : Variation de hauteur des lettres troncs
- critère 2 : Hauteur relative des lettres troncs et des lettres non tronc
- critère 3 : Télescopage
- critère 4 : Lettre ambiguë
- critère 5 : Lettre majuscule à l'intérieur des mots
- critère 6 : Parallélisme des lignes
- critère 7: Stabilité des mots
- critère 8 : Stabilité des « a »
- critère 9 : Stabilité des « t »

La Tablette Graphique

L'outil de diagnostic de la dysgraphie BHK évalue la qualité et la vitesse d'inscription de l'écriture uniquement sur la base de la trace écrite. Mais l'écriture avant d'être une trace statique laissée sur un support, est la résultante d'un geste, un mouvement qui se déroule dans le temps et dans l'espace. Grâce aux tablettes graphiques il est possible d'obtenir de nouvelles informations sur le geste scripteur (Danna et al 2013). Leur utilisation devrait permettre de préciser les données spatiales (trajectoire, hauteur et largeur des lettres, régularité des courbes), temporelles (temps de réaction, durée de mouvement, durée des pauses), cinématiques (vitesse, caractère continu ou discontinu de la production graphique), dynamiques (accélération, force appliquée sur le stylo) ainsi que l'importance de la pression exercée sur la feuille. Cette nouvelle technologie permet d'observer des données «

cachées » qui permettent de mieux connaître et aussi de repérer les difficultés d'écriture chez les enfants dysgraphiques.

L'intérêt de la tablette graphique est aussi de mesurer par une analyse cinématique la fluidité du geste qui est un indice de l'automatisation de l'écriture. Dans son étude Danna et al (2013) expose l'efficacité d'une nouvelle variable pour repérer les dysgraphies, il s'agit du bruit moteur. Ce dernier a pour objectif de montrer les fluctuations de vitesse anormales dans l'écriture, qui témoignent d'une disfluente propre à l'écriture dysgraphique. Pour cela, il mesure le nombre de pics de la vitesse, de l'accélération et la secousse (le Jerk) qui correspond à la variation de l'accélération au cours du temps. Ainsi plus l'écriture d'un enfant est « bruyante », moins elle est fluide et donc peu automatisée.

3) Comorbidité

Les difficultés d'écriture manuelle sont très souvent retrouvées de façon comorbide à d'autres pathologies. Le livre d'Albaret et al (2013) a regroupé la littérature à ce sujet pour nous en donner quelques exemple : prématurité (Feder et al., 2005), trisomie 21 (Kay-Raining Bird et al., 2008), neurofibromatose de type 1 (Gilboa et al., 2010), épilepsie (Mayor Dubois et al., 2003), paralysie cérébrale (Bumin & Kavak, 2010), les lésions cérébelleuses (Frings et al., 2010), l'arthrite idiopathique juvénile (Haberfehlner et al., 2011), le syndrome d'hypermobilité articulaire (Adib et al., 2005), ou encore la dystonie (Deonna et al., 1997), sans oublier les lésions cérébrales acquises (Zesiger, 2003).

La dysgraphie est aussi particulièrement retrouvée dans les troubles neurodéveloppementaux tels que le trouble de la coordination (TDC), le trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), les troubles de la communication, les troubles de l'apprentissage, la déficience intellectuelle et le trouble du spectre autistique.

Chez l'enfant présentant un trouble d'acquisition de la coordination, les perturbations de l'écriture sont fréquentes (Denckla et Roeltgen, 1992 in Albaret 1995) même si la proportion d'enfants TDC présentant une dysgraphie varie selon les études. Cette fréquence peut aller de 10 % dans l'étude de Kaiser (2009) à 38 % dans celle de Maeland (1992). L'étude de Miyahara et al (1990, in Cratty, 1994) fait état de 40 % de troubles des apprentissages dans un groupe de dysgraphiques.

E) Les rééducations de l'écriture

Les problèmes d'écriture ne disparaissent pas sans intervention (Hamstra-Bletz & Blöte, 1993 ; Smits-Engelsman & van Galen, 1997). Pour cela un grand nombre de rééducations ou de techniques d'amélioration de l'écriture chez les sujets présentant une dysgraphie ont vu le jour. Leur objectif est d'automatiser les processus relatifs au contrôle moteur permettant la production des lettres (mémorisation de la lettre, accès à sa représentation, planification motrice et sa réalisation). Cette automatisation permet de libérer la mémoire de travail et la rendre disponible pour d'autres processus (planification, génération de phrases et de textes, correction du produit...). Ainsi du fait de cette grande quantité j'ai fait le choix de ne vous présenter ici que les techniques dont je me suis inspirée pour ma prise en charge.

1) Technique d'entraînement de programme moteur

Cette technique de rééducation part du postulat qu'il existe un programme moteur qui organise le mouvement avant son implémentation dans les commandes neuromotrices distribuées aux muscles. Les systèmes nerveux sélectionnent un modèle d'action (programme moteur) stocké en mémoire qui va ensuite s'adapter aux caractéristiques physiques dans lesquelles se passe l'action. Ainsi le comportement moteur est la résultante des représentations créées au niveau cognitif (Adams, 1971 ; Schmidt, 1975).

Un programme moteur est composé de deux aspects :

- Un système d'invariants : qui correspond aux relations spatiales et temporelles entre les parties d'un mouvement (ordre de déplacements des segments, amplitude relative de chaque séquence et durée relative de chaque séquence).
- Un système de paramètres variables : la durée absolue, l'amplitude absolue, le type de segment utilisé.

Pour les théories cognitives dont fait partie le programme moteur généralisé de Schmidt, l'amélioration d'une habileté motrice passe par une phase d'apprentissage où les connaissances mises en mémoire se structurent, se procéduralisent et finissent par s'automatiser. Elles permettent ainsi d'augmenter la part programmée du mouvement et de diminuer par la même occasion la variabilité des informations programmées. En partant de cette idée, toute activité graphique qui transforme les conditions de production de l'écriture facilitera l'adaptation du programme moteur à des situations différentes (Albaret et al 2013). Les paramètres modifiables pour automatiser le programme moteur sont :

- L'amplitude du mouvement ou la taille de la lettre
- La force, pression du mouvement
- La vitesse du mouvement (vite ou lentement)
- Le membre, partie du corps produisant la trace
- L'orientation du support (plan sagittal, horizontal, vertical...)

2) Méthode de l'auto-instruction de Jongmans

Dans leur étude Jongmans et al (2003) s'inspirent de la méthode d'apprentissage de l'écriture par auto-instruction de Van Hagen (1998) qui a pour but de faire réfléchir sur les exercices proposés afin de faciliter la planification lors d'un prochain exercice similaire. L'idée est que l'enfant repère lui-même les difficultés qu'il a pour y faire attention et tenter d'y remédier. Jongmans et al (2003) effectuent alors 2 études, une chez une population d'enfants scolarisés en milieu ordinaire et une autre auprès d'enfants scolarisés en milieu spécialisé. Les enfants de la 1^{er} étude suivent une rééducation de 18 séances en individuel à hauteur de deux fois par semaine pendant 30 minutes tandis que les enfants de l'étude 2 effectuent cette prise en charge de façon groupale sur 6 mois à hauteur de deux fois par semaine pendant 30min. La méthode utilisée dans les 2 études est identique.

Rééducation en 3 étapes :

- La première étape est une présentation dynamique du mouvement. Elle porte sur la connaissance de la lettre (où elle commence, où elle termine, les mouvements pour la réaliser). L'enfant produit ensuite plusieurs fois de suite cette lettre afin de choisir laquelle est la mieux réussie et de définir les difficultés qu'il a rencontrées.
- La deuxième étape consiste à reproduire l'exercice précédent mais avec des paires de lettres cette fois-ci. L'objectif est d'apprendre à lier la lettre cible aux autres.
- Enfin la dernière partie a pour objectif de passer d'un processus moteur à un processus plus cognitif. L'enfant doit réaliser une courte histoire avec des mots contenant la lettre cible et à la fin s'auto-corriger.

3) Technique de présentation multi-sensorielle des lettres

Cette technique est généralement utilisée pour soutenir l'apprentissage des lettres chez les tout petits. Elle a vu le jour suite à une observation de Berninger et al (1997) selon laquelle les enfants à qui on présentait une lettre visuellement en y associant des commentaires verbaux

semblaient obtenir une meilleure qualité de tracé que les enfants n'ayant subi qu'une présentation visuelle de la lettre. En partant de cette observation Krik (1981) va chercher à la démontrer scientifiquement au travers d'une expérimentation. Pour cela il soumet des enfants de 4-5ans à quatre modalités d'apprentissage : 1- démonstration visuelle, 2- démonstration verbale, 3- démonstration visuelle et verbale et enfin 4- aucune démonstration préalable. Les résultats montrent que les enfants ayant suivi une démonstration visuelle et verbale obtiennent de meilleurs performances de qualité du tracé. Plus tardivement Barra et Gentaz (2011) montrent que des enfants à qui on a présenté la lettre de manière tactile (lettres en relief) amélioreraient leur reconnaissance de la lettre et obtenaient eux aussi une meilleure qualité de tracé que les enfants à qui on a montré la lettre seulement de manière visuelle.

Une bonne représentation de la lettre semble être un prérequis important au stockage de la lettre en mémoire et donc un prérequis à la qualité de l'écriture.

III. État des connaissances des Troubles de l'écriture dans l'Autisme

Nous savons que la dysgraphie est particulièrement présente dans le trouble de l'autisme (Wing (1981), in Perrin et Maffre, 2013). Pourtant, bien que ces difficultés d'écriture soient souvent rapportées par les parents, les enseignants, les rééducateurs, voire les élèves TSA eux-mêmes il n'existe à ce jour que très peu de recherches portant sur le sujet qui tentent d'analyser ce problème (Godde.A et al 2018). Quel est le lien entre le trouble autisme et la dysgraphie ? Dans cette partie nous chercherons à repérer comment se traduit la dysgraphie chez une population autistique au travers des éléments caractéristiques de la faible écriture retrouvés chez ces derniers. Nous étudierons également les facteurs pouvant en être la cause.

A) Les spécificités des troubles de l'écriture chez les enfants TSA

Nous pouvons étudier la qualité de la trace au travers de l'analyse de ses spécificités, à l'aide de tests standardisés, mais aussi au travers de son analyse dynamique avec l'utilisation de tablette graphique qui permet la récolte de données spatiales, temporelles et cinétiques.

De nombreuses études comme celles de Fuentes et al (2009) ou encore de Rosenblum et al (2016) permettent de constater que par rapport à une population normale les enfants et adolescents

porteurs de TSA obtiennent un score global de qualité plus faible. Parmi les éléments témoignant de cette faible qualité d'écriture, on retrouve la présence d'une macrographie. Ce phénomène est naturellement présent chez l'enfant lors de l'apprentissage de l'écriture, il est la conséquence d'une production réalisée sous le contrôle des informations visuelles et kinesthésiques, il disparaît ainsi lorsque l'écriture s'automatise. Or chez les enfants porteurs de TSA la persistance de ce phénomène est caractéristique d'un contrôle rétroactif (Zesiger et al., 2000). Ce contrôle rétroactif nous le retrouvons dans l'activité de dessin où la présence de feedback est indispensable. Nous pouvons de ce fait faire l'hypothèse que les enfants autistes n'écrivent pas leurs lettres mais les dessinent (le problème pouvant venir soit d'une incapacité à changer de procédures soit de difficultés de perception visuelle en lien avec la vitesse). C'est d'ailleurs un constat qui est fait par de nombreux professionnels de santé mais dont la littérature ne fait pas mention. Si le besoin de feedback est bien la cause de la macrographie chez les enfants autistes, il serait intéressant de travailler sur l'automatisation de leur écriture pour faire disparaître ce phénomène. Le manque d'automatisation chez ces enfants peut provenir de la façon dont ils abordent l'écriture. Dans l'évolution de l'apprentissage de l'écriture il arrive un stade où l'enfant neurotypique perçoit l'écriture non plus seulement comme une trace écrite mais comme un support à la réflexion, comme un outil de communication et il se pourrait bien que ce ne soit pas le cas des enfants TSA. Ainsi ne voyant pas la valeur communicationnelle et réflexive de l'écriture ils ne verraient pas l'intérêt de l'automatisation et elle ne se ferait pas instinctivement. On peut aussi se demander si le manque de flexibilité dont font preuve les TSA peut dans une certaine mesure obstruer le passage vers un contrôle proactif. Grâce aux neurosciences on sait aujourd'hui que les voies cérébrales traitant le dessin, avec un contrôle rétroactif, sont différentes de celles traitant l'écriture, avec un contrôle proactif. On sait par ailleurs que l'apprentissage résulte de changements fonctionnels et structurels entre neurones. Il pourrait donc être envisageable que cette inflexibilité limite les changements de connections neuronales, entravant ainsi la mise en place de nouveaux systèmes neuronaux.

Une autre des caractéristiques de la dysgraphie chez l'autiste porte sur la formation des lettres. Elles sont souvent retouchées et peu reconnaissables. Cette illisibilité présente lors de la copie d'un texte l'est encore plus lors de la production (Rosenblum et al., 2016). Cela confirme un peu plus la stratégie de contrôle visuel rétroactif qu'utilisent les enfants autistes, qui se traduit par un dessin de la lettre et non son écriture. Cependant cette stratégie n'est plus pertinente ni fonctionnelle lorsqu'ils doivent réaliser une tâche plus complexe comme la production de texte. La non automatisation de l'écriture limite les ressources cognitives disponibles et pourtant indispensables dans la tâche de production (planification, organiser des idées ou une phrase...).

Nous retrouvons aussi chez ces enfants des difficultés au niveau de la composante spatiale des tracés, avec un mauvais alignement des lettres, moins d'espace entre les lettres et les mots. Les

données récoltées par tablette graphique nous permettent de voir que les traits horizontaux et verticaux chez les TSA sont significativement supérieurs à ceux des enfants typiques du même âge (Rosenblum et al., 2016 ; Johnson, Papadopoulos, et al., 2013).

Les différentes études effectuées sur la vitesse de production d'écriture chez les autistes, comme celle d'Hellinckx et al. (2013), mettent en avant une lenteur par rapport à la norme de leur âge comparativement à des enfants au développement typique. Cartmill et al. (2009) ont quant à eux constaté un lien entre la vitesse d'écriture évaluée avec le subtest de vitesse du HPT (Handwriting Performance Test) et la constance de la formation des lettres. Il semblerait que lorsque la vitesse d'inscription augmente, la production des enfants TSA présenterait une variabilité dans la qualité des lettres plus importante qu'à la normale, ce qui n'est pas le cas chez des enfants typiques. Ces résultats renvoient aux observations de Zesiger (1995 ; 2000) concernant la difficulté chez les enfants à allier rapidité et régularité des tracés lorsque l'écriture n'est pas encore automatisée. Ainsi le fait de retrouver cette difficulté chez les TSA alimente l'hypothèse selon laquelle les autistes n'automatiseraient pas l'écriture.

Grâce à la tablette graphique Rosenblum et al. (2016) ont pu mesurer la durée des pauses en l'air lors d'une tâche d'écriture. Leurs résultats indiquent que la durée des levers de stylo est supérieure chez les enfants TSA que chez le groupe contrôle d'enfants typiques.

Bien que la spécificité des troubles de l'écriture chez les enfants autistes reste à ce jour mal étudiée, les quelques études s'y intéressant ont permis de relever des éléments caractéristiques de la dysgraphie dans le TSA. La meilleure connaissance de ces éléments permet de s'interroger sur leur origine et ainsi de mieux comprendre les mécanismes de fonctionnement de cette population. Nous allons exposer dans cette deuxième partie les hypothèses explicatives de ces difficultés.

B) Les causes pouvant être à l'origine des spécificités de la dysgraphie autistique

Les auteurs se sont penchés sur les mécanismes qui sous-tendent les difficultés d'écriture des jeunes TSA. De nombreuses hypothèses ont ainsi été proposées. Pour Johnson et al. (2013), les corrélations observées entre la dextérité manuelle et la taille des lettres plaident en faveur du rôle de la coordination de la motricité fine sur la macrographie des enfants avec TSA. Calhoun (2007), lui, indique que les scores d'IVM (test d'intégration visuo-motrice) d'enfants TSA sont inférieurs à ceux d'enfants typiques de même âge, preuve pour Hellinckx et al (2013) que l'intégration visuomotrice

joue un rôle dans la qualité des tracés. Ce dernier explique d'ailleurs la lenteur d'écriture par un déficit en lecture tandis que Johnson, Papadopoulos, et al., (2013) l'impute à une mauvaise compréhension verbale. Les difficultés d'attention sont aussi évoquées.

Nous retiendrons ici l'hypothèse selon laquelle un déficit sous-jacent affecterait l'étape de programmation motrice (Wann, 1986) se traduisant par de longues pauses ainsi que par une discontinuité dans le mouvement d'écriture et témoignant d'une surutilisation du feedback visuel. De façon générale lorsque l'on parle de contrôle moteur on fait référence à 2 mécanismes : le contrôle proactif et le contrôle rétroactif (Paillard, 1985). Le premier fait appel à une planification anticipée du mouvement à partir de schémas moteurs stockés en mémoire tandis que le second est la résultante d'une planification élaborée au fur et à mesure du mouvement à l'aide de feed-back (réafférences sensorielles prélevées au cours de l'exécution du geste). Durant son développement l'enfant acquerra de meilleures connaissances sur lui et sur son environnement ce qui lui permettra de passer d'un contrôle rétroactif de ses mouvements à un contrôle proactif. En effet, la clef de l'efficacité d'un mouvement passe par les stratégies d'anticipation. Coordonner une séquence motrice et des contraintes environnementales c'est ce que permet le contrôle proactif. L'écriture n'échappe pas à cette transition de contrôle. Au cours de l'apprentissage de l'écriture l'enfant va abandonner son contrôle rétroactif pour un mode proactif fondé sur le développement de programmes moteurs spécifiques à la réalisation des différentes lettres. Avec ce changement progressif, on assiste à une amélioration de la plupart des indices spatiaux, temporels et cinématiques de l'écriture (ZESIGER et al. 2000). Lors de son étude sur le contrôle des ajustements posturaux anticipés (APA) des personnes autistes Jover et al (2016) observent que les TSA utilisent préférentiellement un mode de contrôle rétroactif pour stabiliser l'avant-bras postural. Les EMG (électromyogrammes) qu'elles ont réalisés vont dans ce sens en enregistrant une latence d'apparition des activations et des inhibitions musculaires retardées ; il semblerait que les TSA ajustent en permanence la position de l'avant-bras postural lors de cette expérience.

Ces données permettent d'alimenter l'hypothèse d'un contrôle rétroactif chez les personnes TSA lors de l'écriture, témoin d'une non automatisé du programme moteur de la forme des lettres.

Ainsi en partant de ces constats je me suis demandé si aider un enfant TSA à automatiser les programmes moteurs spécifiques à la formation des lettres, en travaillant sur les invariants, améliorerait à la fois sa qualité d'écriture et sa vitesse d'inscription.

Partie Pratique

I. Présentation de l'enfant

A) Anamnèse

B) Les Bilans

1) Orthophoniste

Malo avait 9 ans et 6 mois au moment du bilan

Observations cliniques :

La connaissance des codes de communication avec ses pairs peut encore poser quelques difficultés surtout dans des situations qu'il ne connaît pas bien. Il a besoin de repères connus et d'aides

visuelles (emploi du temps, séquence de pictogrammes...). Malo a du mal à demander de l'aide et à exprimer spontanément ses émotions.

Fonctions exécutives :

Le comportement d'exploration est non planifié et non systématique. Chez Malo les capacités d'orientation spatiale sont imparfaites, tout comme les concepts temporels. Il présente des difficultés à prendre en compte plusieurs sources d'information en même temps. Il n'arrive pas à sélectionner les éléments pertinents pour définir un problème et ne perçoit pas les relations virtuelles (cause, but, conséquence).

Langage oral :

Malo s'exprime avec un rythme et une intonation particuliers. Le récit spontané n'est pas toujours bien structuré, et prend parfois une tournure « télégraphique ». Il a des difficultés avec l'emploi des pronoms et des mots de liaison grammaticaux. En compréhension, le vocabulaire usuel du langage familier est maîtrisé. Le langage courant et les consignes simples sont compris facilement mais Malo présente des difficultés avec le langage élaboré et les consignes complexes.

Lecture :

Malo est correctement entré dans la lecture et peut lire des textes niveau CE1.

Conclusion : Dans le cadre d'un diagnostic de TSA Malo présente un trouble de la communication, un retard de langage en compréhension et en expression.

2) Psychomotricien

Malo [] lors de ce bilan sauf pour le MABC-1 qui a été passé lors de son entrée à l'[] et qui n'a pas été refait depuis.

Tonus

Le tonus d'action axial et segmentaire est élevé, Malo a des difficultés pour relâcher son tonus lors d'une action motrice ce qui impacte la fluidité de ses mouvements. Il en résulte des difficultés dans le contrôle des actions motrices (écriture, sport...).

Moteur

MABC (tranche 7ans)

	Maîtrise de balles	Équilibre
9	9	14.5
Total= 32.5 soit percentile 0,2%		

Dextérité manuelle

Les difficultés sont homogènes et se situent dans les 3 domaines.

Graphisme

Les 5 premières lignes indispensables pour la cotation du BHK ne sont pas écrites dans le temps imparti des 5min. Activité très coûteuse pour Malo. L'écriture se fait en capitales d'imprimerie.

Repères spatio-temporels

Repères spatiaux : Il connaît quelques termes de base relatifs à l'espace mais peut encore en confondre quelques-uns. La connaissance de la droite et la gauche sur lui est encore fragile. Repères temporels : Malo connaît les jours et les mois, il peut les nommer dans l'ordre. Il ne connaît pas sa date de naissance.

Connaissance du Corps

Somatognosie : Malo nomme quelques parties du corps (niveau 3 ans). Mais il ne connaît pas les articulations et ne sait pas à quoi elles servent. La relation entre les différentes parties de son corps semble encore difficile pour lui.

Fonctions exécutives

Tour de Londres

Score Krikorian (qualité) : - 2,7 DS Score Anderson (vitesse) : -0,9 DS Malo est facilement distrait. Lors de la passation il se montrera impulsif.

Mémoire de travail (blocs de Corsi)

Empan endroit : - 1,82 DS

Empan envers : -0,99DS

La mémoire de travail n'est pas déficitaire mais a besoin d'être consolidée.

3) Psychologique

Réalisé en janvier 2021, Malo avait 9 ans et 10 mois.

WNV :

Items	Scores
Matrice	52
Code	45
Mémoire spatiale	27
Arrangement d'images	44
Total	83

Le QI est à relativiser du fait de son hétérogénéité. Malo présente des difficultés dans la mise en place des repères spatiaux, ainsi que dans la compréhension et l'adaptation aux émotions de l'autre.

II. Protocole de rééducation

A) Émergence d'un protocole

1) Cas de Malo

J'ai rencontré Malo lors de sa première année au sein du SESSAD, il était alors âgé de 9 ans et 6 mois. C'est un petit garçon toujours de bonne humeur qui se montre volontaire et motivé lors des séances. Il cherche à bien faire en répondant du mieux qu'il peut aux attentes des adultes. Le bilan initial montre chez lui des difficultés en motricité globale et fine, mais aussi dans la régulation tonique et posturale. La connaissance des parties du corps n'est pas entièrement maîtrisée. Malo a aussi de grosses difficultés dans le domaine de l'écriture, malgré cela c'est une activité qu'il affectionne particulièrement et qui semble être au cœur des préoccupations des parents et de l'enseignant. Je décide donc de travailler ce domaine avec lui.

2) Complément d'évaluation

Avant de commencer la rééducation de l'écriture avec Malo je décide de réévaluer ses capacités d'écriture et je m'assure de certains éléments en faisant passer des tests supplémentaires.

BHK

Je le refais passer deux mois après celui réalisé en septembre par ma maître de stage, Malo a alors 9 ans et 8 mois. Entre temps un guide doigt avait été mis en place par ma maître de stage et l'enseignant pour aider l'émergence d'une prise fonctionnelle. Ce travail étant toujours en cours j'ai décidé de laisser le guide doigt pour la passation du test.

Score Qualité : -7,5 DS Score vitesse : -2,37 DS (en comptant le mot « eau » en capitales d'imprimerie)

L'écriture est lente et coûteuse. C'est une activité où Malo est vite fatigable. Il mémorise pour ne pas avoir à retourner au texte de copie. La prise d'information ou de repère spatial doit être compliquée vu qu'il oublie une ligne.

Malo est droitier, il utilise une prise tripodique fonctionnelle. Sa posture est correcte, il a cependant tendance à s'allonger sur la table quand la tâche est trop longue. Il commence à écrire en cursive bien que cette écriture lui soit coûteuse, ce qui fait qu'il repasse parfois en lettres capitales. La forme des lettres cursives reste à consolider, et l'écriture de certaines lettres n'est pas bien maîtrisée (ex : f, n, s, v ..). L'écriture de Malo est très grosse, et nous avons pu voir dans la partie théorique traitant de la dysgraphie chez les personnes TSA que ce phénomène de macrographie résulte d'un contrôle de la production encore rétroactif comme lors de la réalisation d'un dessin. D'un point de vue développemental, ce phénomène disparaît lorsque l'écriture s'automatise, ainsi le fait qu'il soit encore présent ici laisse supposer que Malo n'a pas encore automatisé la formation des lettres. Cependant la mise en place du guide doigt a permis l'émergence d'un mouvement partant du poignet et non plus de l'épaule lors de l'écriture. Ce mouvement reste encore à travailler.

Après ce constat j'ai cherché à savoir ce qui posait problème à Malo dans l'activité d'écriture. S'agit-il d'une mauvaise connaissance des lettres, d'un problème d'attention, de perception ou de balayage visuel qui font qu'il est perdu dans la prise d'information pouvant expliquer cette lenteur... Pour cela je lui propose les tests suivants.

Visuo-perceptif

Le fait que lors de la passation du BHK Malo saute une ligne et évite à tout prix de revenir au texte pour prendre des informations me questionne sur ses capacités de perception et de prise d'information. Avant de rééduquer l'écriture sur son versant moteur, je dois m'assurer que le

problème ne vient pas d'ailleurs. Ainsi je décide de lui faire passer un test de perception visuelle (le Thurstone) et un test de recherche visuelle (les cloches).

Balayage visuel (test des cloches)

Score : 16/35. Soit inférieur au -2 écart type.

Malo utilise une recherche de proche en proche moins fonctionnelle que la recherche linéaire.

Perception visuelle (Test du Thurstone)

En 4 min il traite 29 lignes, commet une seule erreur mais saute 2 lignes.

Score de 26/60. Ce qui est correct pour son âge.

Conclusion : Malo prend rapidement les informations pertinentes et commet peu d'erreurs. Sa perception visuelle est bonne mais encore une fois la recherche ou le manque de repère spatial sur la feuille lui fait sauter des lignes. Le test des cloches montre une recherche visuelle peu fonctionnelle ce qui est corroboré par les observations de l'orthophoniste faites plus haut selon lesquelles le comportement d'exploration de Malo est non planifié et non systématique.

Il en ressort ici des difficultés dans la recherche visuelle mais pas dans la perception, donc le problème ne vient pas d'une mauvaise perception des lettres. En croisant les informations avec les différents bilans exposés plus haut on peut supposer que Malo a des difficultés sur le plan spatial. Suite au score des différents items de la WNV mesurant ces capacités, la psychologue parle de « problème dans la mise en place des repères spatiaux », l'orthophoniste fait état de « capacités d'orientation spatiale imparfaites » et les difficultés dans les repères spatiaux évalués en psychomotricité vont dans le sens d'un problème d'ordre spatial. Malo a effectivement des difficultés dans le domaine spatial mais ces problèmes ne suffisent pas à eux seuls à expliquer sa dysgraphie. Il faut savoir que la production écrite de Malo est aussi mauvaise lors d'une dictée de texte, ce qui prouve que ses difficultés spatiales ne sont pas les principales responsables de sa dysgraphie.

Item Dextérité Manuelle du MABC-2

On sait que la dextérité manuelle et surtout digitale joue un rôle dans la qualité de l'écriture. Le MABC-1 du bilan initial datant un peu, je décide de le réévaluer.

Dextérité Manuelle		
3	Non cotable	1

A deux reprises Malo entoure le lacet du sous item 2 sur le côté de la planche rendant sa cotation impossible. Compte tenu de l'échec du sous-item 2 de la dextérité manuelle on ne peut pas noter cet item. Les scores des deux autres sous-items permettent néanmoins de dire que Malo présente des difficultés dans le domaine de la motricité manuelle et digitale.

Observations cliniques :

Je m'assure que Malo est entré dans la lecture. Je vérifie aussi en parallèle que les lettres de l'alphabet sont connues et reconnues que ce soit en capitales d'imprimerie, en cursive ou en scripte. Il n'y a pas de problème de ce côté-là.

Observation de l'écriture au moyen d'une tablette graphique :

En étudiant son écriture d'un point de vue cinétique, temporel et spatial, j'ai constaté que Malo ne forme pas ses lettres comme une seule unité. Elles sont réalisées par une succession de traits la constituant. Nous avons vu plus haut, dans la partie théorique, qu'un tel comportement était la preuve que le programme moteur n'était pas encore automatisé. Ce phénomène est une étape développementale normale chez l'enfant qui débute son apprentissage de l'écriture, mais ça ne devrait plus se retrouver chez Malo qui a 9 ans et 8 mois.

Au regard des résultats de ces différents tests, il apparaît que Malo possède des difficultés dans le domaine spatial et dans celui de la dextérité manuelle. Cela dit, ces difficultés ne sont pas à l'origine des problèmes de Malo, bien que cela ne l'aide pas. Il en ressort une difficulté dans la formation des lettres, très probablement due au fait que le programme moteur de celles-ci ne soit pas encore automatisé.

Je suis alors partie du postulat qu'améliorer la connaissance de la cursive et de la formation des lettres permettra d'une part une amélioration de la qualité d'écriture mais aussi une amélioration de la vitesse dans la mesure où une fois les lettres automatisées Malo pourrait libérer ses ressources cognitives au profit d'autres choses et ainsi gagner en vitesse d'inscription. Pour cela je crée une rééducation pourtant sur l'entraînement au programme moteur en y incluant d'autres techniques pour soutenir la mise en place et le maintien correct du programme moteur.

3) Le protocole

J'ai basé la rééducation de Malo sur le couplage de deux techniques : une cognitive (la théorie des programmes moteur généralisés de Schmit) et un entraînement moteur (Jongmans). Je cherche

ainsi à savoir si avec ces deux méthodes je peux améliorer et renforcer le programme moteur en jouant sur les invariants spatio-temporels pour les ancrer et ainsi automatiser le programme moteur. L'objectif est que cette automatisation du programme ait un impact sur la vitesse d'écriture.

Les méthodes de rééducations exposées ici ont déjà été présentées dans la partie théorique portant sur les techniques de rééducation de la dysgraphie. Je vais néanmoins faire un petit rappel et détailler l'intérêt de ces rééducations pour le cas de Malo et justifier le choix de ces techniques.

a) Jongmans

Pour rappel la méthode de Jongmans se compose de 3 étapes (voir page 29). La première étape est une présentation dynamique du mouvement. Elle porte sur la connaissance de la lettre (où elle commence, où elle termine, les mouvements pour la réaliser). L'enfant produit ensuite plusieurs fois de suite cette lettre afin de choisir laquelle est la mieux réussie et de définir les difficultés qu'il a rencontré et quels doivent être les critères de réussite de ses lettres.

Pour ma part je n'ai utilisé que la première étape de cette méthode dans mon protocole car mon intention est d'augmenter le programme moteur en jouant sur les invariants, ce qui n'est pas l'objectif de cette technique. Néanmoins, il me semblait très important que Malo puisse automatiser le bon programme moteur. Il était donc indispensable qu'il ait une bonne connaissance de la formation de la lettre. En utilisant donc cette première étape, j'indique à Malo où commencer la lettre et comment la réaliser. Il doit ensuite écrire une série de cette lettre, juger laquelle est la mieux et pourquoi. Je peux aussi indiquer à Malo certains éléments qui posent problème dans la réalisation de sa lettre, s'il ne s'en aperçoit pas par lui-même, pour qu'il y porte attention les prochaines fois. L'objectif ici est que Malo ait une réflexion systématique lorsqu'il écrit ses lettres pour qu'il puisse en avoir une bonne représentation et qu'il sache comment les tracer correctement.

Je réaliserai cette étape deux fois au cours de la séance, une fois au début et une fois à la fin. L'objectif de la première est qu'il intègre la bonne formation de la lettre, celui de la seconde est de contrôler les progrès faits au cours de la séance et les types de difficultés qui posent encore problème à Malo sur certaines lettres afin qu'il y fasse attention les prochaines fois.

b) Présentation multi-sensorielle des lettres

Pour lui présenter les lettres au début de la séance, avant de lui montrer comment les tracer selon la méthode Jongmans, je m'inspire des méthodes de présentation des lettres multi sensorielles qui ont prouvé que la lettre était mieux assimilée lorsqu'elle était présentée verbalement, visuellement et tactilement. Ainsi je lui montre, nomme, décrit et fait toucher les lettres (Montessori) que nous

travaillerons au cours de la séance. L'objectif ici est d'améliorer la représentation de la lettre car nous l'avons vu dans l'explication de cette technique (p.30), la qualité des lettres dépendrait de la qualité des modèles en mémoire dans le système moteur. Ainsi pour gagner en qualité il est important que Malo automatise un programme moteur avec une unité de base de bonne qualité. D'où l'importance d'avoir une bonne représentation de la lettre.

c) Entraînement au programme moteur

Nous savons désormais que l'apprentissage de l'écriture passe par deux grandes évolutions. La première porte sur le passage d'un contrôle rétroactif (dépendant des feedbacks) à un contrôle proactif (basé sur des programmes moteurs).

La seconde porte sur l'augmentation de la taille de l'unité du programme moteur. Pour rappel nous avons exposé plus haut qu'au commencement de l'apprentissage de l'écriture les enfants copient les lettres par portions, puis en entier et finissent par copier des morceaux de mots quand leurs programmes moteurs sont mieux élaborés et plus grands.

Ainsi l'acquisition de l'écriture passe par le passage vers un contrôle proactif ainsi que par l'augmentation de l'unité du programme moteur.

A l'heure actuelle Malo fonctionne avec un contrôle rétroactif et la tablette graphique nous montre qu'il écrit ses lettres par morceaux. L'objectif ici est d'augmenter l'unité de base du programme moteur pour que Malo trace la lettre en entier pour permettre l'automatisation et donc le passage vers un contrôle proactif (sans feedbacks, dominé par les programmes moteurs).

Pour cela j'ai construit ma rééducation sur l'idée de faire varier les situations, paramètres de production de la lettre pour consolider l'image de cette lettre avant sa production donc dans le programme moteur. Pour cela j'ai repris les paramètres susceptibles d'être modifiés comme la taille, la force appliquée, la vitesse, l'inclinaison du support ou encore l'utilisation de différentes parties du corps.

J'ai aussi intégré un exercice d'écriture aveugle pour d'une part soutenir l'automatisation du programme moteur en faisant encore varier un paramètre et d'autre part pour permettre à Malo de se détacher du contrôle visuel et de l'intérêt qu'il porte à la trace écrite. En effet, en tant que TSA, Malo peut se montrer rigide et porter une grande importance au bon tracé de la lettre, il va donc témoigner un intérêt immense pour la qualité de sa production. Il peut la repasser, la barrer pour la refaire si elle ne lui convient pas, ce qui lui fait perdre un temps précieux tout en diminuant la fluidité de son écriture. En plus de cela, comme nous l'avons déjà dit, Malo fonctionne avec un contrôle rétroactif et un programme moteur composé d'une succession de traits. En le privant de sa vision, je le contrais

à écrire la lettre en entier et non plus de façon segmentée, cela l'empêche aussi de la voir et d'être tenté de la corriger continuellement.

d) Outils mis en place pour observer les changements

1- La Tablette Graphique

Pour objectiver les progrès de Malo, je mesure à chaque séance à l'aide d'une tablette graphique les aspects qualitatifs de son écriture. Pour cela je lui fais recopier le texte :

« Voici les photos des lynx, des singes et des buffles. Ces photos que j'aime tant ont été prises au zoo de New York ».

Ce texte est un pangramme, c'est-à-dire qu'il a la particularité d'être composé de toutes les lettres de l'alphabet. Cela me permet ainsi de voir si la quantité de traits composants la formation de la lettre diminue, montrant une augmentation de l'unité de base du programme moteur et donc une avancée vers l'automatisation. On peut aussi voir si certaines lettres sont acquises et écrites en entier et lesquelles ne le sont pas encore.

Un des autres intérêts de ce pangramme réside dans la présence de mots écrits deux fois dans le texte, comme le mot « photos ». Ce mot présent en double sert à mesurer la stabilité des mots, on sait qu'une des difficultés que rencontre une personne présentant une dysgraphie est la capacité à écrire le même mot ou lettre toujours de la même manière. Cela renvoie aux invariants de l'écriture comme l'équivalence motrice ou l'homothétie spatiale. On retrouve d'ailleurs ce critère dans ceux du BHK Ado avec la stabilité des « t » et des « a ».

2- Grille d'observation

En parallèle de la rééducation de la trace motrice je me suis demandé si l'automatisation de l'écriture aurait un impact sur le comportement corporel de Malo durant cette tâche. Est-ce que si l'activité est moins coûteuse cognitivement pour lui, on peut s'attendre à observer une amélioration au niveau corporel ? J'ai donc construit une grille d'observation où j'observe la posture, l'utilisation de l'outil scripteur, son organisation par rapport au support, la nature de son mouvement d'écriture et enfin le suivi de l'écriture par le regard. Je prends cette mesure à chaque séance pendant qu'il copie le pangramme que nous avons détaillé plus haut.

B) Présentation des exercices des séances

J'ai commencé mon protocole par une période d'observation. Durant les 5 premières séances j'ai pris, à l'aide de la tablette graphique, les mesures qualitatives de l'écriture de Malo sans rééducation. J'ai ensuite commencé la rééducation pendant une période de 6 séances à la fin de laquelle j'ai effectué mes retests lors d'une dernière séance.

Période d'observation : Mesure cinématique avec la tablette graphique	Rééducation : Protocole + Mesure cinématique avec la tablette + Grille d'observation	Retest : BHK et Dextérité manuelle du MABC-2
5 séances	6 séances	1 séance

En amont des séances avec Malo, je lui ai fait regrouper les lettres en famille en fonction de l'isomorphisme des mouvements de départ c'est-à-dire en fonction de comment on les initie. L'intérêt de regrouper les lettres de la sorte est de travailler lors d'une même séance des lettres dont le mouvement initial est le même. En faisant cela je cherche à faciliter l'émergence des invariants. En effet, j'espère qu'avec cette activité la répétition d'un même mouvement initial à travers différentes lettres semblables « isomorphiquement », permettra à Malo de saisir plus facilement la dynamique qui sous-tend la formation des lettres, ainsi que les composantes spatiales communes à certaines familles de lettres. L'objectif est de soutenir l'automatisation du programme moteur de l'écriture.

Il a donc dégagé 6 familles :

- La famille des « ponts » : m, n, v, w
- La famille des « ventres » : a, d, c, o, q, g
- La famille des « boucles » : l, e, b, f, h, k, b
- La famille des « barques » : t, y, u, i, p, j
- La famille des « r » : r et z
- La famille des « tout seul » : s et x

A chaque séance nous travaillerons une famille ou une demi-famille si celle-ci est trop grande. Le fait de les regrouper de la sorte permet de travailler au sein d'une même séance des lettres dont le mouvement initial est le même, facilitant ainsi la mémorisation de la lettre et surtout son initiation. A chacune des séances nous travaillons 4 à 5 lettres au travers des exercices suivants.

1) Protocole

a) Déroulement des séances :

La séance se déroule en quatre temps :

- Une activité faisant travailler la dextérité digitale et/ ou manuelle. Au regard du faible niveau de Malo dans ce domaine et de l'importance de cette capacité dans la qualité de l'écriture je ne

pouvais pas me permettre de ne pas la travailler. L'idée est d'améliorer le déliement digital ainsi que la mobilisation du poignet pour permettre à Malo une meilleure prise de l'outil scripteur mais aussi une meilleure fluidité de mouvement des doigts et du poignet.

- La rééducation de l'écriture en plusieurs étapes grâce aux différentes méthodes exposées plus haut.
- La prise de mesure de l'écriture à l'aide de la tablette graphique. Avec en parallèle une observation du comportement corporel lors de cette activité à l'aide de la grille d'observation.
- Le jeu de fin de Malo. Il s'agit d'un jeu qu'il choisit lui-même mais qui reste en lien avec le travail né sur ses difficultés. C'est son petit moment à lui dans la prise en charge que je trouve très important pour maintenir sa motivation et son adhésion à la rééducation. D'autant plus que la rééducation de l'écriture peut paraître longue et fastidieuse surtout que pour Malo cette activité d'écriture est très coûteuse. Ce jeu permet donc de travailler implicitement certaines fonctions tout en gardant sa motivation.

Remarque :

Le protocole et les exercices qui vous seront présentés ici ont subi des modifications juste avant la première séance de rééducation. Mon premier protocole avait été construit avec une part importante inspirée de l'approche multi sensorielle, ainsi beaucoup d'exercices faisaient appel aux différents sens. Malo étant autiste j'ai fait le choix de tester certains des exercices de mon protocole avant la rééducation afin de voir comment il les appréhenderait. Pour ne pas fausser les mesures d'écriture prises par la tablette durant cette séance, j'ai demandé à Malo lors de ces exercices de dessiner quelque chose et non pas une lettre. Ainsi j'ai pu m'apercevoir des exercices qui posaient problèmes et j'ai pu adapter mon protocole aux spécificités de Malo. Je vais vous exposer ici succinctement les quelques points que j'ai modifiés.

Tout d'abord j'avais initialement prévu la rééducation de l'écriture sur un temps de 45min soit la totalité de la séance. Or l'écriture est une activité coûteuse pour Malo et sa rééducation passe par beaucoup d'écrits, ce qui est peu ludique ; le temps était donc beaucoup trop long je l'ai ainsi réduit à 15-20 min.

Le second problème que j'ai rencontré porte sur les particularités sensorielles de Malo dues à son TSA. Je lui avais proposé d'écrire dans de la semoule ce qui s'est avéré impossible pour lui, il ne pouvait pas supporter cette sensation. Il était aussi en difficulté pour effacer avec son doigt les lettres

écrites au feutre Velleda, ce qui n'était pas un problème de sensation à proprement parler mais il arrêta sa tâche pour observer minutieusement la couleur bleue qu'avait pris son doigt.

Pour finir je lui avais proposé d'écrire les lettres avec différentes parties de son corps, ce qui s'est avéré très compliqué pour lui au vu de ses importantes difficultés sur le plan de la motricité globale.

En prenant compte de toutes ces observations j'ai recréé un protocole bien plus adapté à Malo et à ses particularités tout en continuant à faire varier les situations d'écriture toujours dans le but d'automatiser le programme moteur.

b) Présentation des exercices du Protocole final (modifié) :

Voici donc les exercices qui ont été proposés à Malo durant ces 6 séances de rééducation :

Partie 1 : Dextérité manuelle

Jeu de cartes, mains colorées (chaque doigt correspond à une couleur, on doit reproduire une séquence de couleur en tapant dessus avec le doigt. Sert au déliement digital), imitation de comportement d'animaux avec les mains et les doigts, doigts malins, visser-dévisser les boulons, rings up....



Partie 2 : Écriture

- Dans l'idée d'une présentation multisensorielle de la lettre je nomme les 4 lettres qui seront travaillées dans la séance, en les lui montrant et le faisant toucher sur les lettres Montessori.

- Auto- indication inspirée de la méthode Jongmans : Je les réécris devant lui en donnant des informations verbales sur comment je fais et en donnant une information visuelle d'où la lettre commence. Malo écrit ensuite 5 fois chaque lettre, choisit celle qu'il préfère et s'auto-critique. Je corrige si nécessaire. Quand c'est acquis je passe à la suite.

- Écrire les lettres en petit et en grand
- Écrire les lettres rapidement et lentement
- Écrire les lettres en y mettant une pression différente. Doucement (ne doit pas casser la mine ducritérium que j'ai volontairement beaucoup sortie) et fort (la trace doit se voir sous le calque) -
Écriture aveugle
- Auto- indication inspirée de la méthode Jongman : écrire 5 fois chaque lettre travaillée en séance.

Partie 3 : Mesure avec la tablette graphique+ Grille d'observation

Partie 4 : Jeux de Malo

Les exercices de la partie 2 portant sur la rééducation de l'écriture sont réalisés soit sur le tableau Velleda soit sur feuille de bureau. L'objectif reste le même, on cherche à automatiser le programme moteur en faisant varier les conditions d'écriture , et écrire dans les différents plans de l'espace fait partie des éléments sur lesquels on peut jouer. Cela permet de travailler une autre variable sans rajouter d'exercice qui pourrait alourdir la prise en charge.

Pour les exercices proposés sur feuille j'ai mis en place des lignes de couleurs, d'inspiration Serpodile. Il s'agit de quatre lignes de couleurs différentes qui représente la terre, l'herbe, le ciel et le feu et qui servent de repère à l'enfant lorsqu'il trace ses lettres. Ici l'objectif est double, du point de vue de ma prise en charge, je me suis aperçu que Malo avait beaucoup de mal avec la taille des lettres non tronc, il ne les descendait ou montait pas assez. Il m'a donc semblé judicieux de lui indiquer jusqu'où sa lettre devait aller pour empêcher que ses lettres non tronc soient de la même taille que ses lettres tronc. D'un point de vue plus général j'ai décidé de mettre en place ces lignes durant la rééducation, car j'avais pour objectif de mettre en place un cahier Serpodile à l'école pour que l'écriture soit facilitée mais aussi pour permettre le maintien des progrès acquis en séance. Il était donc important que j'explique en amont à Malo à quoi correspondaient ces lignes et comment il devait écrire sur ce cahier.

c) Problèmes rencontrés :

Ce nouveau protocole convient beaucoup mieux à Malo, il a cependant du mal à faire varier la vitesse de son écriture. Le ralentissement est impossible et l'accélération est de suite disproportionnée et désorganise son geste sous forme de pulsion (mouvement qui part dans tous les sens et qui ressemble à un gribouillage). Pour pallier ce problème et continuer à travailler la variation de vitesse je mets en place deux solutions. Premièrement je vais lui faire augmenter et diminuer de manière plus importante la taille des lettres. On le sait, il existe une invariance spatiotemporelle dans la formation d'une lettre, ainsi augmenter suffisamment la taille permettrait aussi de fait d'augmenter la vitesse et inversement s'il écrit tout petit. Deuxièmement j'utilise les lettres Montessori. Nous mettons nos index sur la lettre et nous réalisons des courses. Soit le premier qui finit la lettre a gagné (pour augmenter la vitesse), soit le premier qui arrive perd (pour le faire ralentir). Malgré cela les difficultés pour ralentir persistent, je suis souvent obligée de mettre mon doigt devant le sien pour le bloquer et l'obliger à ralentir.

La variable de pression pose aussi problème, Malo ayant des difficultés dans la régulation de son tonus il casse constamment la mine du critérium ce qui le décourage grandement. Je décide néanmoins de conserver cet exercice comme mesure de l'impact du protocole sur la modulation tonique. Je raccourcis cependant grandement le temps de cet exercice et ne lui fais travailler qu'une lettre de son choix une ou deux fois.

III. Résultats

A) Comparaison Bilan test- retest

J'ai effectué les différents retests la séance suivant la fin de ma prise en charge. Lors de cette séance j'ai refait passer à Malo un BHK enfant pour juger des progrès faits en écriture tant sur le plan qualitatif que quantitatif. J'ai également remesuré le domaine de la motricité manuelle et digitale avec l'item dextérité manuelle du M ABC- 1. Les deux BHK sont présentés en annexe.

Résultat du re-test BHK :

Score Total		
	Retest	Test
Score Qualité	- 5,02 DS	- 7,5 DS
Score Vitesse	- 1,97 DS	- 2,37 DS

Tableau détails des scores par critères				
	Retest		Test	
	Score brut	DS	Score brut	DS
Écriture Grande	3	-7,11	5	-11
Inclinaison de la marge	1	-1,84	1	-1,84
Lignes non planes	5	-1,95	5	-1,95
Mots serrés	5	-1,48	4	-0,9
Écriture Chaotique	2	-2,88	4	-6,16
Lien interrompu entre les lettres	5	-1,45	5	-1,45
Télescopage	1	-0,51	4	-3,41
Hauteur des lettres tronc	3	-0,21	5	-1,43
Hauteur relative incorrecte des différentes sortes de lettres	0	0,33	0	0,33
Distorsion des lettres	2	-3	2	-3
Forme des lettres ambiguë	2	-1,44	5	-4,41
Lettre retouchée	2	-1,03	0	0,88
Hésitation et tremblement	0	0,13	0	0,13

Ce retest nous montre une amélioration de la qualité comme de la fréquence d'inscription.

D'un point de vue de la qualité, le score de Malo reste très déficitaire mais on observe néanmoins une très nette amélioration. Les changements qui s'opèrent dans l'écriture de Malo sont objectivables avec les scores détaillés pour chaque item. Le premier progrès porte sur la taille de l'écriture. Bien que celle-ci augmente au fil de la copie du texte, les premières lignes du BHK retest de Malo sont nettement plus petites que celles du bilan initial avec une moyenne de 4 mm pour les deux premières lignes contre une moyenne de 8mm pour les deux premières du BHK initial.

Les scores « écriture chaotique » et « télescopage » sont meilleurs, Malo gère mieux les espaces entre ses lettres. Ce qui le pénalisait dans l'écriture chaotique du bilan initial était en grande partie dû à des liens trop longs. Je pense que le fait que Malo écrive plus de lettres attachées aux autres lui évite de les coller soit trop près soit trop loin comme il le faisait quand il les écrivait une par une.

Il y a moins de lettres ambiguës, Malo semble mieux maîtriser leur formation même si certaines comme le « s » ou le « n » posent encore problème.

La hauteur des lettres tronc est aussi meilleure. Les indications des lignes Serpodile y sont peut-être pour quelque chose.

En ce qui concerne la vitesse d'inscription Malo passe d'un score déficitaire de -2,37 DS à un score moyen (faible) de -1,97 DS. On observe donc une amélioration, avec une augmentation de la vitesse d'inscription.

Résultat du retest Dextérité Manuelle de MABC-2 :

Note Standard Dextérité Manuelle					
Retest			Test		
3	6	1	3	Non cotable	1

Note standard du retest de l'item dextérité manuelle= 2 soit percentile 0,5

L'échec du sous-item 2 de la première mesure de la dextérité manuelle ne nous permet pas de faire un avant-après objectif des progrès de Malo. Cela dit on peut quand même comparer les notes des sous-items 1 et 3 qui ont pu être cotés dans le test initial ainsi que dans le retest. On voit que les notes standard des sous-items « placement de cheville » et « trajet » sont identiques dans le test et le retest. Si on compare les notes brutes de Malo obtenues au sous-item « placement de cheville » avec sa main dominante, on voit qu'il le réalise en 42sec lors du test, contre 43sec lors du retest. Malo n'a donc pas fait de progrès objectivables dans ce domaine. Il n'a cependant bénéficié que de 5-8min de ce travail par séance sur tout juste un mois et demi, je pense donc qu'il est peu surprenant de ne pas observer d'amélioration en si peu de temps, surtout compte tenu des difficultés initiales de Malo en terme de motricité manuelle et fine.

Bien qu'à l'heure actuelle il semblerait que rien n'ait bougé dans ce domaine, il me paraît nécessaire de poursuivre ce travail. Nous le savons, les capacités de dextérité manuelle et digitale sont parties prenantes de la qualité de l'écriture.

B) Comparaison des Observations Cliniques

Tablette Graphique

A l'aide des données recueillies par la tablette graphique et leur analyse par le logiciel « écriture suite 2 » il est possible de voir comment les lettres sont tracées. Le principe est simple, lorsque Malo trace un trait sur la tablette, celui-ci se voit attribuer une couleur par le logiciel, lorsque Malo lève son stylo puis le repose sur la feuille le nouveau trait se voit attribuer une autre couleur. Ainsi si Malo lève son stylo lors de la formation d'une lettre celle-ci sera écrite sur le logiciel en plusieurs couleurs. L'idée de cette mesure était de montrer que d'une part Malo écrivait bien ses lettres en plusieurs segments avant la rééducation, prouvant ainsi qu'il n'avait pas encore automatisé la forme de la lettre et qu'il utilisait un contrôle rétroactif propre au dessin. Cette mesure a dans un second temps pour objectif de montrer l'acquisition de l'unité de base du programme moteur au cours de la prise en charge. En effet si les lettres de Malo sont composées d'un seul trait, c'est qu'elles sont encodées en entier dans le programme moteur, ainsi l'acquisition de cette unité de base, c'est-à-dire la lettre dans son intégralité, offrirait à Malo la capacité de passer d'un contrôle rétroactif à un contrôle proactif.

Par souci de clarté et pour rendre les progrès plus objectivables je ne vous présenterai ici que l'analyse du mot « photos » au cours des différentes séances.

Aperçu de l'unité de base du programme moteur avant rééducation :

Dans cette partie je vais vous montrer la manière dont Malo écrit ses lettres. Ces mesures ont toutes été prises durant les 5 semaines d'observation où Malo n'a reçu aucune rééducation portant sur l'écriture.

Sur la photo n° 1 on remarque que le « t » du mot « photos » est réalisé en trois traits : le premier qui est la continuité de la lettre « o », le second qui forme la barre descendante de la lettre et enfin la barre du « t ». Ce que nous montre cette image c'est que d'un point de vue développemental Malo en est au stade où le programme moteur de l'écriture n'est pas acquis et que **la formation de ses lettres, constituées d'une succession de traits, dépend encore des programmes moteurs propres au dessin**. Car si Malo avait stocké en mémoire la représentation entière de la lettre on aurait eu une lettre « t » *Photo n°1* composée de seulement deux traits (deux couleurs) : la structure de la lettre et la barre



(qui nécessite obligatoirement un lever de stylo). Cette façon d'écrire par succession de traits se retrouve sur la majorité des lettres de Malo. Je me suis intéressée ici à l'évolution des lettres « s », « p », « h », « t » et « o » qui constituent le mot « photos », qui nous sert de référence.

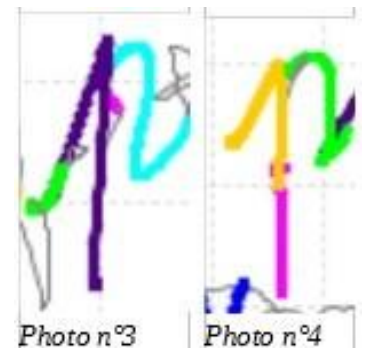
Si on s'intéresse à la formation de la lettre « h » sur la photo n°2 on voit ici que **Malo n'a pas encodé la représentation du mouvement**. En effet le fait qu'il trace le « pont » du « h » avant de finir la boucle laisse supposer qu'il est guidé par les informations visuelles que lui renvoie le modèle et non pas par des programmes moteurs déjà encodés. Cette observation va dans le sens de l'utilisation d'un contrôle rétroactif chez Malo. La difficulté qui s'ajoute à cette situation est que de par son TSA Malo utilise une perception préférentiellement séquentielle, la lettre n'étant pas forcément perçue dans sa globalité, il est d'autant plus difficile de l'encoder en une seule unité.



Ainsi les premières mesures faites avant la mise en place de la rééducation confirment l'hypothèse de départ selon laquelle Malo n'avait pas encodé de programme moteur de l'écriture et que la formation de ses lettres résidait d'un fonctionnement semblable à celui du dessin.

Mesure et évolution de l'unité du programme moteur durant la rééducation :

Comme nous l'avons vu plus haut dans l'explication de ce pangramme, le mot « photos » est présent en double pour mesurer la stabilité des mots. Les deux « p » des photos n°3 et n°4 correspondent aux deux mots « photos » du pangramme mesurés lors de la première séance de rééducation. On voit ici que l'écriture de Malo n'est pas stable dans la formation de ses lettres. Cela montre que non seulement Malo **écrit ses lettres de manière segmentée mais qu'en plus cette segmentation n'est pas stable**. Cette instabilité des lettres est un élément de plus renvoyant à la dysgraphie de Malo.



La photo n°5 correspond à la mesure prise lors de la quatrième séance de rééducation. Ce qui est intéressant ici c'est de voir que certaines lettres sont écrites d'une seule couleur (h, t et s). Pour rappel sur les photos n°1 et 2 ce n'était pas le cas, elles étaient composées de plusieurs traits. Cela montre que **Malo a encodé le programme moteur de certaines lettres**, et ce qui est encore plus intéressant c'est qu'en regardant la photo n°6 qui correspond au second mot « photo », on remarque que ces mêmes lettres sont elles aussi tracées en entier.



Malo a donc encodé mais surtout automatisé ces lettres.

Ces mesures nous permettent dans un premier temps d'apporter la preuve qu'avant la rééducation Malo dessinait ses lettres sous un contrôle rétroactif propre au dessin. Mais elles nous permettent aussi de voir qu'au fil de la rééducation **Malo a réussi à automatiser l'unité de base de certains programmes moteurs de l'écriture.** A l'heure actuelle et au vu de ces données on sait aussi



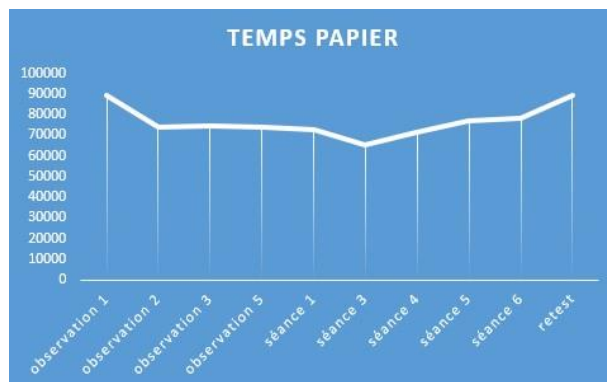
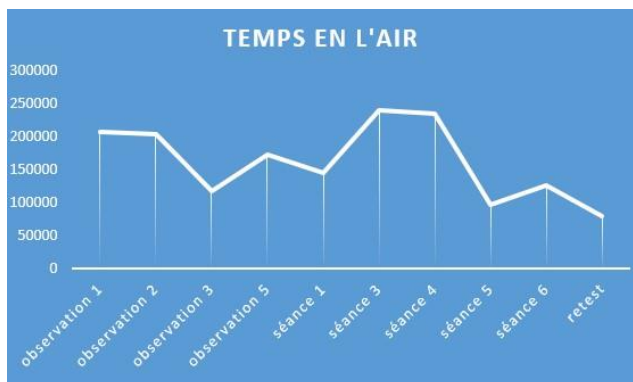
que toutes les lettres ne sont pas encore automatisées comme le « p » que nous voyons sur la photo n°5. Cela dit c'est un travail qui nécessite du temps et qui a besoin d'être poursuivi pour plus de résultats.

Je vais maintenant vous présenter les résultats d'une seconde mesure qui a elle aussi pour objectif de montrer l'automatisation des programmes moteurs de l'écriture.

Bruit Moteur

Je ne vais pas analyser ici le bruit moteur à proprement parler mais une de ses composantes. Pour rappel, d'une manière générale lors des analyses cinétiques de l'écriture on repère une écriture disfluente propre à la dysgraphie en observant le nombre de levers de stylo au cours de l'écriture. C'est-à-dire que plus l'enfant lève son stylo moins l'écriture est fluide et moins elle est automatisée, cela correspond à la mesure que nous avons détaillée plus haut. Cela dit, Danna a montré en 2013 qu'on pouvait utiliser une autre variable, le bruit moteur, pour mesurer la fluidité de l'écriture et donc son degré d'automatisation. Le bruit moteur est calculé en fonction d'un écart type correspondant au nombre de variations, donc d'accélération et de décélération mesurées dans une donnée ainsi qu'en fonction d'un « jerk » c'est-à-dire de la quantité de variations d'accélération au sein de la formation d'une lettre. C'est sur ce « Jerk » que va porter mon analyse.

Ainsi en analysant les données cinétiques mesurées par la tablette graphique je souhaite faire ressortir la diminution du bruit moteur témoin de l'amélioration de la fluidité de l'écriture de Malo. Ce résultat serait une preuve supplémentaire de son automatisation à l'échelle des programmes moteurs. Pour cela je vais analyser l'évolution du « jerk » sur papier et du « jerk » en l'air.

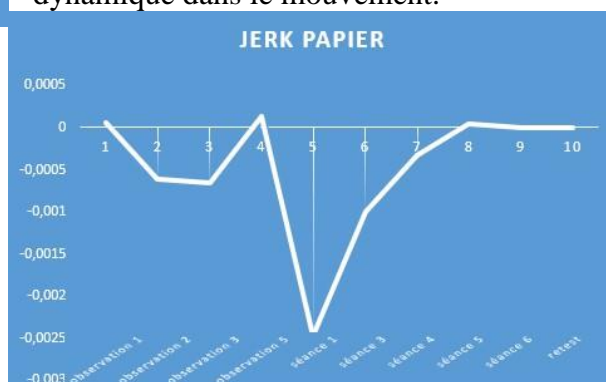


Avec les 2 graphiques ci-dessus je m'intéresse au temps que Malo passe avec le stylo posé sur sa feuille ainsi qu'au temps qu'il passe le stylo en l'air. On voit ici que durant les séances de rééducation **le temps que Malo passe le stylo en l'air augmente**, tandis que le temps qu'il passe sur papier lui ne varie pas. Ce temps en l'air plus important traduit une période de réflexion plus longue. Cela veut dire qu'il y a eu un évènement durant la phase de rééducation qui a poussé Malo à augmenter son temps de réflexion lorsqu'il écrit.



La seconde donnée qui nous intéresse est l'intensité de l'accélération sur papier (durant la production de la trace écrite). Sur le graphique ci-contre on voit qu'elle augmente lors de la première séance. Cela veut dire que **Malo écrit ses lettres avec des accélérations plus intenses**. Il y a ici une dynamique dans le mouvement.

En parallèle le graphique du « jerk » sur papier nous montre une diminution de ce dernier lors de la séance 1. Cela veut dire que **le nombre d'accélérations et de décélérations lors de la formation d'une lettre diminue**. Ce qui témoigne d'une lettre formée d'une manière plus continue.



La mesure de l'intensité de l'accélération et celle du « jerk » sur papier renvoient à la loi de puissance $2/3$. Cet invariant correspond aux phases d'accélération et de décélération dans la formation d'une lettre selon que l'on trace un trait ou une boucle.

Ainsi ces résultats nous permettent de dire que durant la séance 1 Malo a compris de manière implicite la dynamique qui existe lors de la formation d'une lettre.



Le graphique ci-contre correspond lui au « jerk » en l'air, c'est-à-dire au nombre de variations d'accélération et de décélération du stylo en l'air. **Son augmentation lors de la séance 1 traduit un phénomène de réflexion.** En le comparant avec les autres données on a la preuve ici que Malo a durant

cette séance perçu la dynamique du mouvement existant dans la formation d'une lettre.

Pour résumer, en mettant en parallèle ces 4 données on comprend à l'aide du « jerk » papier et de l'accélération que Malo a compris le mouvement dynamique existant lors de la formation d'une lettre et que durant cette séance certaines de ses lettres ont été tracées de manière classique. En effet des accélérations fortes mais peu nombreuses sont les caractéristiques d'une lettre peu bruyante, donc fluide.

Le « jerk » en l'air et l'augmentation du temps en l'air sont quant à eux des indicateurs de l'analyse du mouvement avant l'action. Le maintien de l'augmentation du temps en l'air montre qu'il s'opère un changement dans la préparation de son écriture. Ici Malo se sert moins des feedback visuels pour tracer sa lettre mais il utilise une représentation de la lettre. Lors de cette séance, Malo a compris le mouvement classique de la réalisation d'une lettre lorsqu'on l'écrit, qui est différent du mouvement qu'il utilisait lorsqu'il les dessinait.

Ces résultats vont dans le sens de ceux faits plus haut, Malo est au début de son automatisation des programmes moteurs de l'écriture. Bien que le travail ne soit pas achevé, on peut dire que l'on est arrivé à notre objectif, automatiser le programme moteur dans l'idée de gagner en vitesse.

Grille d'évaluation

L'intérêt de cette grille est d'observer si les progrès faits en écriture ont un impact sur les paramètres entourant l'activité d'écriture (position du corps, la prise de l'outil...)

		Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4	Séance 5	Séance 6
Outil scripteur	Préhension correcte de l'outil	Correct mais avec beaucoup de force					Correct avec un peu moins de force
	Type de prise	Tripodique					
	Hauteur de la prise sur le stylo	Correcte : vers la mine du stylo					
Posture	Axe du tronc	En avant sur la table				Droit plus longtemps	
	Inclinaison de la tête	Sur le côté, posé sur son bras			Tête sur la main non scriptrice mais droite	Tête penchée sur le côté mais plus posée sur la main ou la table	
	Position des pieds	À plat	Croisés	À plat	Croisés	Croisés	Croisés
	Assise sur la chaise	Très au bord de la chaise				Bien mais parce que je l'ai placé et qu'il n'a	Un peu plus loin du bord

				pas bougé	
	Contact côté de la main scriptrice avec la feuille	Tout l'avant-bras			
Organisation par rapport au support	Taille d'écriture	Grande	Grande mais dépend des lettres	Grande	Plus petite sur la fin
	Écriture droite (horizontale)	Inclinée	Inclinée écrit très en haut de la feuille	Un peu plus horizontale	
	Orientation du support	Ni fait pas attention, si je ne tiens pas la feuille il ne réajuste pas		Droit et la réajuste pour la première fois	Droite
Mouvement	Pression/ Souplesse	Beaucoup de force dans ses doigts			Un peu plus relâché mais reste trop fort
	Partie du corps mobilisées	Poignet+ doigts (un peu)	Poignet plus souple	Poignet + doigts (mieux)	
Suivi de l'écriture par le regard		Oui			

On observe ici quelques changements notamment au niveau de l'axe du corps qui se redresse un peu lors des dernières séances, un maintien de la tête plus correct ainsi qu'une légère amélioration du mouvement des doigts et du poignet. Néanmoins au vu de la variabilité des changements, il serait intéressant de l'observer sur un plus long terme afin de savoir s'il s'agit d'une potentielle stabilisation dues aux progrès faits en écriture.

Discussion

L'objectif de cette rééducation était de vérifier l'hypothèse selon laquelle faire jouer les invariants de l'écriture pouvait favoriser l'automatisation des programmes moteurs et ainsi augmenter la vitesse d'inscription. Suite à cette rééducation, différentes constatations apparaissent.

Tout d'abord, l'analyse par le logiciel « écriture suite 2 » des mesures prises par la tablette graphique a permis de détailler les caractéristiques de l'écriture de Malo avant et durant la rééducation.

On a pu remarquer qu'avant la phase de rééducation Malo écrivait ses lettres par succession de traits. Cela veut dire qu'à ce moment là son écriture était sous la dépendance d'un contrôle rétroactif, qui est un mécanisme propre au dessin. Le fait que Malo se serve de feed-back pour réaliser son geste témoigne qu'il n'a à ce moment là pas de représentation de la lettre stockée en mémoire. Malo est capable d'identifier cette lettre et en reconnaît la forme mais cette lettre n'est pas perçue dans son entièreté, comme une seule et même unité lorsqu'elle est écrite. Cet élément confirme que Malo n'avait pas automatisé la lettre comme unité de base des programmes moteurs de l'écriture et qu'il utilisait préférentiellement des programmes moteurs propres au dessin.

Ce que nous apprend aussi cette tablette c'est que durant la phase d'observation Malo ne possède pas la représentation du mouvement de la lettre. On le voit avec sa lettre « h » qui ne suit pas le tracé normal. Cependant on observe au fil de la rééducation, principalement lors de la séance 4, que certaines lettres sont désormais produites en entier, c'est le cas du « h », du « t » et du « s ». En plus de cela on les observe écrites en entier à chaque fois qu'elles sont produites. Cette stabilité n'est autre que la preuve d'une automatisation.

Les résultats de cette première mesure sont en capacité de nous dire que la rééducation a permis à Malo d'automatiser l'unité de base du programme moteur de certaines lettres de l'alphabet. Il est désormais capable de se représenter le mouvement de la formation d'une lettre. Toutes les lettres automatisées ne sont pas présentées ici car j'ai fait le choix de me concentrer sur celles composant le mot « photos », mais on peut les observer en regardant la mesure de tout le pangramme.

Cependant cette mesure nous montre aussi que Malo n'a pas automatisé toutes les lettres ou du moins pas sous la bonne unité motrice. Si on se penche sur la réalisation du « p » ou du « o » on remarque qu'ils sont encore composés de plusieurs segments. On pourrait ainsi se dire que ces lettres n'ont pas été automatisées, cela dit ces segments, contrairement aux mesures prises durant la première séance de rééducation, sont stables. On peut ainsi se demander si Malo a automatisé ces lettres mais de la mauvaise manière et que donc l'unité de base du programme moteur est simplement de mauvaise qualité. Je pense cela dit, qu'étant donné que l'unité de base des programmes moteurs de l'écriture

est la lettre entière, Malo n'a pas automatisé ces lettres. Il a néanmoins pu améliorer les programmes moteurs du dessin concernant ces lettres. On sait que les voies cérébrales qui gèrent le dessin et l'écriture sont différentes mais l'activité de dessin possède elle aussi des programmes moteurs qui occupent certes une part moins importante dans l'action mais qui sont présents. Ainsi la stabilité retrouvée dans les lettres non automatisées par le programme moteur de l'écriture pourrait être due à une augmentation de l'unité de base des programmes moteurs du dessin. Pour s'en assurer il faudrait effectuer une IRM (imagerie par résonance magnétique) fonctionnelle afin de voir quelles zones du cerveau il mobilise lorsqu'il écrit ces quelques lettres.

La question est alors pourquoi toutes les lettres n'ont-elles pas été automatisées. La première hypothèse réside dans les difficultés de flexibilité propres au TSA de Malo. Il est possible que cette rigidité aux changements entrave la création de nouveaux réseaux neuronaux, limitant donc Malo dans son passage d'un contrôle rétroactif à proactif. La seconde hypothèse repose sur le fait que Malo a peut-être tout simplement besoin d'un peu plus de temps et d'entraînement pour toutes les automatiser. Après tout, il s'agit peut-être des deux difficultés en même temps, son inflexibilité le ralentit mais nous avons vu que l'automatisation était possible pour certaines lettres alors peut-être est-ce juste une question de temps.

La seconde mesure effectuée durant la prise en charge de Malo grâce à la tablette graphique nous permet de voir une augmentation de l'intensité de l'accélération et une diminution du « jerk » sur papier au cours de la première séance de rééducation. Ces deux phénomènes sont les caractéristiques d'une lettre écrite normalement c'est-à-dire en une seule fois sous un contrôle proactif.

Grâce à nos connaissances en matière d'analyse cinétique de l'écriture on sait que le « jerk » est une composante du bruit moteur. La diminution du « jerk » papier traduit donc également la diminution du bruit moteur. Et nous le savons une écriture peu « bruyante » est le symbole d'une meilleure fluidité de l'écriture permise par l'automatisation des programmes moteurs. Cependant peut-on déjà parler d'automatisation des programmes moteurs lors de cette séance 1 ? Si on fait le parallèle avec les résultats obtenus à l'aide du logiciel d'écriture, on observe, que malgré la présence de lettres écrites en entier lors de la séance 1, leur forme n'est pas stable d'un mot à l'autre. On ne peut alors pas parler d'automatisation définitive à ce moment de la prise en charge.

Néanmoins il s'est bien passé un événement important lors de cette séance. Ce que l'on observe ici correspond à la dynamique du mouvement qui est régi par la loi de puissance $2/3$, expliquée plus haut. Pour la première fois Malo comprend de manière implicite la dynamique qui sous-tend la formation des lettres. On peut, en revanche, se demander pourquoi le « jerk » papier et donc indirectement le bruit moteur, réaugmente lors des séances suivantes ? Puisque Malo a

compris le mouvement « normal » d'écriture, pourquoi ne pas continuer à l'utiliser ? La première hypothèse que l'on peut poser est, que n'ayant pas encore automatisé l'unité de base des programmes moteurs, cette découverte n'a pas pu s'automatiser. Cela dit les résultats tirés du logiciel d'écriture nous montrent une automatisation de certaines unités de base lors des dernières séances de rééducation, on aurait dû par conséquent observer une re-diminution du « jerk » papier, du bruit, ce qui n'est pas le cas. Ce n'est donc sûrement pas la raison de ce phénomène.

L'explication alors peut-être se trouver dans l'intérêt que Malo porte à la qualité de ses lettres. Il faut savoir que la mise en place d'un contrôle proactif basé sur les représentations dynamiques stockées en mémoire a tendance à désorganiser, du moins dans les premiers temps, l'écriture. Cette augmentation de l'accélération a donc forcément eu un impact sur la qualité de l'écriture. Malo n'aimant pas que ses lettres soient mal faites a très probablement installé un contrôle de son mouvement pour que ses lettres restent jolies. Ce qui expliquerait pourquoi, malgré la perte du versant dynamique du mouvement, Malo continue à automatiser l'unité de base des programmes moteurs de l'écriture, comme vu dans les résultats tirés du logiciel. Il aurait ici compris qu'une lettre se forme de manière entière selon des invariants spatio-temporels, mais par peur de déstructurer son écriture il tenterait de limiter l'action de ces invariants lors de sa production. Cette hypothèse peut être renforcée par le temps passé en l'air. On voit que celui-ci reste élevé durant les séances de rééducation, il correspond à un temps d'analyse plus long avant le mouvement. Cette mesure montre qu'il s'opère bien un changement dans la préparation de son écriture. Malo délaisse peu à peu les feedback visuels afin d'opter pour une représentation du mouvement en amont (contrôle proactif). Nous avons la preuve que la façon qu'a Malo de réaliser son mouvement d'écriture change, ce qui est un pas de plus vers l'automatisation complète de l'écriture.

Nous pouvons voir que le « temps en l'air », témoin de la préparation du mouvement en amont et donc du passage vers un contrôle plus proactif, finit par diminuer. Quelle en est la cause ? Malo a-t-il arrêté l'acquisition des unités de base des programmes moteurs, freinant ainsi l'automatisation des programmes moteurs restants ? Je pense que non. En regardant les résultats observés lors du restest du BHK on s'aperçoit que la vitesse d'inscription augmente, malgré le fait que le temps passé sur le papier reste le même (mesure faite avec la tablette graphique). Cela veut donc dire que c'est le « temps en l'air » qui diminue. Cette diminution prouve que Malo réfléchit beaucoup moins avant de réaliser son mouvement, pourtant la qualité de l'écriture reste correcte voire augmente. L'explication de ce phénomène réside dans le fait que si Malo passe moins de temps à préparer son mouvement tout en le produisant de façon correcte, c'est qu'au fil des séances il a automatisé certaines lettres en programme moteur. Cette donnée est une preuve supplémentaire de l'automatisation des programmes moteurs de l'écriture. Ainsi même si Malo n'est pas plus rapide dans son geste moteur, la diminution

du temps de réflexion en l'air permet une amélioration de la vitesse d'inscription. Nous avons ici la preuve que l'automatisation des programmes moteurs permet l'amélioration de la vitesse.

D'un point de vue du retest du BHK on observe bien une amélioration de la vitesse d'inscription mais aussi de la qualité de l'écriture.

Les améliorations de la qualité portent dans un premier temps sur la taille de l'écriture. Nous savons que la macrographie est un indicateur du dessin des lettres, commandé par un contrôle rétroactif et nous savons de plus que c'est un phénomène très présent chez les personnes avec TSA. Ainsi la diminution de la taille de l'écriture conforte les observations faites plus haut, Malo a effectivement automatisé des programmes moteurs. Sa dépendance au contrôle rétroactif se voit diminuer au profit d'un contrôle plus proactif basé sur la représentation de la lettre. Ce changement de contrôle lui a d'ailleurs permis de gagner en vitesse.

La seconde évolution en terme de qualité porte sur les items « écriture chaotique », « lettres ambiguës » et « télescopage », leur amélioration montre que la représentation du mouvement que Malo a de la lettre est meilleure. Ses lettres sont plus jolies et les écarts entre elles sont mieux maîtrisés. En annexe vous trouverez le pangramme complet de la 4ème séance de rééducation où on peut même observer la présence de certains digrammes, c'est-à-dire deux lettres écrites attachées (ex : « es » formé d'un seul trait). Preuve d'autant plus forte de l'automatisation du programme moteur car c'est l'étape suivant l'acquisition des unités de base des programmes moteurs. Cela amène à se poser la question de pourquoi Malo en serait-il à faire des digrammes alors qu'il n'a même pas automatisé toutes les unités de base ? En observant bien on remarque que les digrammes de Malo sont uniquement composés des lettres dont il a déjà automatisé l'unité de base en programme moteur. Peut-être l'acquisition de digrammes est-elle plus facile que l'acquisition de l'unité de base, car dans le cas du digramme la lettre est déjà automatisée, ainsi les changements nécessaires à leur apparition doivent être plus simples.

En ce qui concerne l'amélioration de l'item « hauteur des lettres non tronc », il est légitime de se demander si la régulation de la taille est due aux repères des lignes Serpodile ou bien si c'est dû au fait que Malo a une meilleure représentation de la lettre et de son mouvement. Ne pouvant pas donner de réponse à cela je maintiens l'intention d'intégrer le cahier serpodile dans le quotidien scolaire de Malo. L'objectif est de poursuivre les améliorations en terme de taille d'écriture si tant est que ce soit les lignes Serpodile qui ont provoqué ce changement. Cela dit même si ce n'était pas le cas l'instauration de ce cahier à repères permettra de maintenir les acquisitions faites durant la rééducation et de soutenir les nouveaux apprentissages de Malo en terme d'écriture. L'idée est aussi de lui faciliter le quotidien scolaire lors de la tâche d'écriture, Malo ayant des difficultés spatiales, il se retrouve souvent en difficultés pour prendre des repères, ce qu'il fait qu'il ne reste pas toujours sur la ligne.

Tous ces résultats nous permettent de dire qu'au cours de cette rééducation Malo a pu saisir la dynamique du mouvement qui permet la formation classique de la lettre. Et que malgré la mise en place d'un probable contrôle moteur pour limiter les effets de désorganisation de l'écriture, cette prise de conscience et le travail effectué au cours des séances ont amélioré la représentation du mouvement de la lettre. Au fil des séances on a pu s'apercevoir que Malo avait intégré la lettre comme unité de base des programmes moteurs de l'écriture et qu'en plus de cela il avait pu les automatiser. Cela dit certaines lettres posent encore problème et malgré l'automatisation des programmes moteurs, ces derniers ne sont pas encore totalement guidés par les invariants qui régissent les lois de l'écriture. Le mouvement n'est peut-être pas encore totalement indépendant du contrôle rétroactif, néanmoins l'importance de ce dernier a grandement chuté au profit d'un contrôle proactif.

On peut dire ici qu'au vu de nos résultats, Malo a su automatiser des programmes moteurs mais qu'à l'heure actuelle le travail ne peut être considéré comme achevé. Des lettres restent encore sous dépendance, probable, des aires cérébrales du dessin. Quant aux invariants de l'écriture ils ne sont pas encore tous présents et ancrés de manière définitive. Cela dit, comme supposé dans l'hypothèse, on observe une amélioration de la vitesse en lien avec l'automatisation des programmes moteurs.

Conclusion

Ce mémoire a été réalisé dans l'idée de montrer une implication de l'automatisation des programmes moteurs de l'écriture dans la vitesse d'inscription. Lors du développement de l'acquisition de l'écriture, l'enfant passe naturellement par un stade où ses lettres sont réalisées en segments, vers un stade où l'unité de base, c'est-à-dire la lettre, est automatisée de manière entière sous forme de programme moteur, ces programmes moteurs ayant pour rôle de rendre le mouvement automatique et peu dépendant des feedback de l'environnement. Lorsque ce programme est automatisé, des invariants se mettent en place. Ils correspondent aux lois qui régissent le mouvement d'écriture. Dans cette rééducation j'ai pris le problème à l'envers. Je me suis demandé si stimuler l'apparition de ces invariants aurait une conséquence sur l'automatisation du programme moteur. L'objectif était double. Je souhaitais d'une part que l'automatisation permette le passage vers un contrôle proactif dans l'idée d'améliorer la vitesse d'inscription. Mais je souhaitais aussi dans un second temps, pour un objectif à plus long terme, que Malo puisse investir les fonctions de l'écriture. Partant de l'idée qu'une fois automatisée, le coût attentionnel et cognitif engendré par l'écriture diminuerait, Malo se verrait en capacité d'utiliser ses ressources cognitives dans d'autres tâches telles que la planification ou la production d'écriture. L'écriture passerait ainsi d'une dimension de simple activité motrice à une dimension de communication, de soutien à la pensée et aux apprentissages.

Pour mener à bien ce projet, j'ai fait le choix de me baser sur l'analyse cinétique de l'écriture à l'aide d'une tablette graphique. L'intérêt de cet outil est son apport dans l'observation de l'écriture en temps que mouvement défini dans le temps et l'espace, et plus seulement comme le produit d'une action (comme mesuré par le BHK). Si j'ai porté mon attention sur cette mesure c'est parce que les troubles de Malo étaient si nombreux et si divers que je ne pouvais pas, juste avec la trace écrite, connaître la nature de leur implication dans ses problèmes d'écritures. Son utilité a été prouvée par la mise en lumière de la non automatisé des programmes moteurs. Avant cette mesure on pouvait croire que la lenteur d'inscription de Malo était due aux particularités de son fonctionnement autistique et que la mauvaise qualité n'était autre que la conséquence des importantes difficultés toniques et motrices. Ainsi il aurait été facile d'essayer d'améliorer la régulation tonique et les coordinations motrices dans l'idée de voir apparaître une amélioration de la qualité d'écriture. Tout comme il aurait été facile de croire que l'on ne pouvait pas améliorer la vitesse d'écriture car elle était dépendante d'un fonctionnement bien particulier. Mais grâce à l'analyse cinétique du mouvement on a pu voir que le plus gros des difficultés se situait ailleurs, et on a ainsi pu mettre en place une rééducation adaptée à la nature des difficultés d'écriture.

Pour conclure ce mémoire je suis ravie d'avoir pu observer une amélioration de l'automatisation des programmes moteurs de l'écriture grâce aux stimulations des invariants. J'ai pu voir que même si en terme de vitesse sur le papier cela a eu peu d'impact, l'automatisation a cependant permis un gain de temps dans la préparation au mouvement qui a eu un impact bénéfique sur la vitesse globale. La qualité de l'écriture c'est elle aussi grandement améliorée, bien qu'elle reste encore déficitaire. Aujourd'hui, du temps et du travail supplémentaires sont bien évidemment nécessaires pour rendre l'écriture totalement automatique et y voir apparaître les invariants. Cependant on peut déjà observer les bienfaits de cette rééducation et les progrès qu'elle a permis dans le quotidien scolaire de Malo. En annexe vous retrouverez un aperçu de son cahier d'écriture avant et après la rééducation, permettant de juger de l'amélioration.

Je finirai ce mémoire en mentionnant l'intérêt que j'ai trouvé à l'apport des techniques d'analyse du mouvement d'écriture. Elles offrent la possibilité d'analyser cette dernière sous un autre angle et ainsi de repérer des problématiques non mesurables avec un simple test porté sur la trace comme produit final. Il paraîtrait donc intéressant que les psychomotriciens se penchent d'avantage sur cette nouvelle analyse de l'écriture. L'investir lors d'une recherche de dysgraphie ou dans l'idée de mener une rééducation de l'écriture auprès d'un enfant, permettrait d'être au plus près de l'origine des difficultés et donc d'offrir une meilleure prise en charge et de meilleurs résultats. Cette mesure me semble d'autant plus importante dans le cas d'enfants présentant une dysgraphie, avec beaucoup

d'autres troubles associés. Savoir dans quelle mesure chaque trouble impacte l'écriture permet de mieux cibler les objectifs de rééducation. Je pense donc que la tablette graphique a un bel avenir auprès des psychomotriciens travaillant la dysgraphie. Elle a toutefois besoin d'être démocratisée mais surtout d'être rendue plus ergonomique pour s'adapter au mieux au travail en séance.

Bibliographies

Adams, J. A. (1971). A Closed-Loop Theory of Motor Learning. *Journal of Motor Behavior*, 3(2), 111-150.

Adib, N., Davies, K., Grahame, R., Woo, P., & Murray, K. J. (2005). Joint hypermobility syndrome in childhood. A not so benign multisystem disorder ? *Rheumatology*, 44(6), 744-750.

<https://doi.org/10.1093/rheumatology/keh557>

Ajuriaguerra, J. D., Auzias, M., Coumes, I., Lavondes-Monod, V., Perron, R., & Stambak, M. (1964). L'écriture de l'enfant: vol. 1. *L'évolution de l'écriture et ses difficultés*. Paris: Delachaux et Niestlé.

Alaniz, M. L., Galit, E., Necesito, C. I., & Rosario, E. R. (2015). Hand Strength, Handwriting, and Functional Skills in Children With Autism. *American Journal of Occupational Therapy*, 69(4), 6904220030p1. <https://doi.org/10.5014/ajot.2015.016022>

Albaret, J. M., Kaiser, M. L., & Soppelsa, R. (2013). *Troubles de l'écriture chez l'enfant*. Berchem, Belgique : De Boeck.

Albaret, J. M., & Soppelsa, R. (Eds.) (1999). *Précis de rééducation de la motricité manuelle*. Marseille : Solal.

American Psychiatric Association. (2015). *DSM-5 : Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux*.

Assaïante, C., & Schmitz, C. (2009). Construction des représentations de l'action chez l'enfant : quelles atteintes dans l'autisme ? *Enfance*, 2009(01), 111.

<https://doi.org/10.4074/s001375450900113x>

- Ayres, A. J. (2000). *Developmental dyspraxia and adult onset apraxia*. Torrance, CA, Sensory Integration International.
- Bara, F., & Gentaz, E. (2010). Apprendre à tracer les lettres : une revue critique. *Psychologie Française*, 55(2), 129-144. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2010.01.001>
- Bara, F., & Gentaz, E. (2011). Haptics in teaching handwriting : The role of perceptual and visuomotor skills. *Human Movement Science*, 30(4), 745-759.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2010.05.015>
- Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A. C., Chokron, S., & Degos, J. D. (2002). Visually- and motorbased knowledge of letters : evidence from a pure alexic patient. *Neuropsychologia*, 40(8), 1363-1371. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(01\)00209-3](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(01)00209-3)
- Beery, K. E., Buktenica, N. A., & Beery, N. A. (2003). *The Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration (VMI)* (5^e ed.). Lutz, FL : Psychological Assessment Resources.
- Berninger, V. W., Nielsen, K. H., Abbott, R. D., Wijsman, E., & Raskind, W. (2008). Writing problems in developmental dyslexia : Under-recognized and under-treated. *Journal of School Psychology*, 46(1), 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.11.008>
- Berninger, V. W., Vaughan, K. B., Abbott, R. D., Abbott, S. P., Rogan, L. W., Brooks, A., . . . Graham, S. (1997). Treatment of handwriting problems in beginning writers : Transfer from handwriting to composition. *Journal of Educational Psychology*, 89(4), 652-666.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.4.652>
- Berninger, V. W. (2008). Defining and differentiating dysgraphia, dyslexia, and language learning disability within a working memory model. *Brain, behavior, and learning in language and reading disorders*, 103-134.
- Biklen, D., Attfield, R., Bissonnette, L., & Blackman, L. (2005). *Autism and the Myth of the Person Alone (Qualitative Studies in Psychology, 3)* (Illustrated éd.). new york, USA : NYU Press.

- Bleuler, E.(1911). *Dementia Praecox or the Group of Schizophrenias* (trans. J. Zinkin). Internatinal University Press : New York, 1950
- Blöte, A. (1988). *The development of writing behaviour* (Doctoral dissertation, Leiden University, Department of Psychology).
- Bumin, G., & Kavak, S. T. (2010). An investigation of the factors affecting handwriting skill in children with hemiplegic cerebral palsy*. *Disability and Rehabilitation*, 32(8), 692-703. <https://doi.org/10.3109/09638281003654789>
- Butterworth, G., & Hicks, L. (1977). Visual Proprioception and Postural Stability in Infancy. A Developmental Study. *Perception*, 6(3), 255-262. <https://doi.org/10.1068/p060255>
- Charles M., Soppelsa R., Albaret J.-M. (2003), BHK: Echelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant, Paris : ECPA.
- Cartmill, L., Rodger, S., & Ziviani, J. (2009). Handwriting of Eight-Year-Old Children with Autistic Spectrum Disorder : An Exploration. *Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention*, 2(2), 103-118. <https://doi.org/10.1080/19411240903146426>
- Cornhill, H., & Case-Smith, J. (1996). Factors That Relate to Good and Poor Handwriting. *American Journal of Occupational Therapy*, 50(9), 732-739. <https://doi.org/10.5014/ajot.50.9.732>
- Dakin, S., & Frith, U. (2005). Vagaries of Visual Perception in Autism. *Neuron*, 48(3), 497-507. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.10.018>
- Danna, J., Paz-Villagrán, V., & Velay, J. L. (2013). Signal-to-Noise velocity peaks difference : A new method for evaluating the handwriting movement fluency in children with dysgraphia. *Research in Developmental Disabilities*, 34(12), 4375-4384. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.09.012>
- Deuel, R. K. (1995). Developmental Dysgraphia and Motor Skills Disorders. *Journal of Child Neurology*, 10(1_suppl), S6-S8. <https://doi.org/10.1177/08830738950100s103>

- Denckla, M.B., & Roeltgen, D.P. (1992). Disorders of motor function and control. In I. Rapin et S.J. Segalowitz (Eds.), *Handbook of Neuropsychology*, Vol. 6, Section 10 : Child Neuropsychology (part 1) (455-476). Amsterdam : Elsevier
- Deonna, T., Roulet, E., Ghika, J., et Zesiger, P. (1997). Dystonie infantile Dopa-responsive: une forme fruste avec la crampe de l'écrivain; déclenché par l'exercice. *Médecine du développement et neurologie infantile* , 39 (1), 49-53.
- Dowd, A. M., McGinley, J. L., Taffe, J. R., & Rinehart, N. J. (2011). Do Planning and Visual Integration Difficulties Underpin Motor Dysfunction in Autism ? A Kinematic Study of Young Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(8), 1539-1548. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1385-8>
- Ellis, A. W., & Young, A. W. (1988). *Human cognitive neuropsychology*. Hove : Lawrence Erlbaum Associates Ltd.
- Feder, K. P., & Majnemer, A. (2007). Handwriting development, competency, and intervention. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(4), 312-317. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00312.x>
- Feder, K. P., Majnemer, A., Bourbonnais, D., Platt, R., Blayney, M., & Synnes, A. (2005). Handwriting performance in preterm children compared with term peers at age 6 to 7 years. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(3), 163-170. <https://doi.org/10.1017/s0012162205000307>
- Fournier del Castillo, M. C., Maldonado Belmonte, M. J., Ruiz-Falcó Rojas, M. L., López Pino, M. Á., Bernabeu Verdú, J., & Suárez Rodríguez, J. M. (2010). Cerebellum Atrophy and Development of a Peripheral Dysgraphia : A Paediatric Case. *The Cerebellum*, 9(4), 530-536. <https://doi.org/10.1007/s12311-010-0188-3>
- Frings, M., Gaertner, K., Buderath, P., Christiansen, H., Gerwig, M., Hein-Kropp, C., . . . Timmann,

D. (2010). Megalographia in Children with Cerebellar Lesions and in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *The Cerebellum*, 9(3), 429-432.

<https://doi.org/10.1007/s12311-010-0180-y>

Fuentes, C. T., Mostofsky, S. H., & Bastian, A. J. (2009). Children with autism show specific handwriting impairments. *Neurology*, 73(19), 1532-1537.

<https://doi.org/10.1212/wnl.0b013e3181c0d48c>

Gepner B., Mestre D., Masson G., De Schonen S. : « Postural effects of motion vision in young autistic children », *NeuroReport*, 1995 ; 6: 1211-1214.

Gepner B., Mestre D. : « Postural reactivity to fast visual motion differentiates autistic from children with Asperger syndrome », *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2002a ; 32; 231-238.

Gilboa, Y., Josman, N., Fattal-Valevski, A., Toledano-Alhadeef, H., & Rosenblum, S. (2010). The handwriting performance of children with NF1. *Research in Developmental Disabilities*, 31(4), 929-935. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.03.005>

Godde, A., Tsao, R., & Tardif, C. (2018). Evaluer et caractériser l'écriture manuscrite dans le Trouble du Spectre de l'Autisme. *Enfance*, (2), 305-322.

Graham, S., Weintraub, N., & Berninger, V. W. (1998). The Relationship Between Handwriting Style and Speed and Legibility. *The Journal of Educational Research*, 91(5), 290-297.

<https://doi.org/10.1080/00220679809597556>

Haberfehlner, H., Visser, B., Daffertshofer, A., Van Rossum, M. A. J., Roorda, L. D., van der Leeden, M., ... & Hoeksma, A. F. (2011). Paediatric rheumatology Handwriting difficulties in juvenile idiopathic arthritis: a pilot study. *Clinical and experimental rheumatology*, 29, 887-893.

Hamstra-Bletz, E., Bie, J. de, & Brinker, B.P.L.M. den (1987). Beknopte beoordelingsmethode voor kinderhandschriften (Une méthode rapide d'évaluation de l'écriture chez l'enfant). Lise :

Swets & Zeitlinger.

Hamstra-Bletz, L., & Blöte, A. W. (1993). A Longitudinal Study on Dysgraphic Handwriting in Primary School. *Journal of Learning Disabilities*, 26(10), 689-699.

<https://doi.org/10.1177/002221949302601007>

Happé, F., & Frith, U. (2006). The Weak Coherence Account : Detail-focused Cognitive Style in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 5-25.

<https://doi.org/10.1007/s10803-005-0039-0>

Hellinckx, T., Roeyers, H., & Van Waelvelde, H. (2013). Predictors of handwriting in children with Autism Spectrum Disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(1), 176-186.

<https://doi.org/10.1016/j.rasd.2012.08.009>

Hobson, R. P. (1992). Autism and Asperger's Syndrome. Edited by Uta Frith. Cambridge : Cambridge University Press. 1991. 247 pp. £30.00 (hb) £10.95 (pb). *British Journal of Psychiatry*, 161(6), 872. <https://doi.org/10.1192/s0007125000131381>

Hoyt, DF et Taylor, CR (1981). La démarche et l'énergétique de la locomotion chez les chevaux. *Nature* , 292 (5820), 239-240.

Hughes, C. (1996). Brief report: Planning problems in autism at the level of motor control. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26, 99–107.

Jansiewicz, E. M., Goldberg, M. C., Newschaffer, C. J., Denckla, M. B., Landa, R., & Mostofsky, S. H. (2006). Motor Signs Distinguish Children with High Functioning Autism and Asperger's Syndrome from Controls. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(5), 613-621.

<https://doi.org/10.1007/s10803-006-0109-y>

Johnson, B. P., Phillips, J. G., Papadopoulos, N., Fielding, J., Tonge, B., & Rinehart, N. J. (2013). Understanding macrographia in children with autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 34(9), 2917-2926. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.06.003>

- Jongmans, M. J., Linthorst-Bakker, E., Westenberg, Y., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2003a). Use of a task-oriented self-instruction method to support children in primary school with poor handwriting quality and speed. *Human Movement Science*, 22(4-5), 549-566.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2003.09.009>
- Jongmans, M. J., Linthorst-Bakker, E., Westenberg, Y., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2003b). Use of a task-oriented self-instruction method to support children in primary school with poor handwriting quality and speed. *Human Movement Science*, 22(4-5), 549-566.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2003.09.009>
- Jover, M., & Assaiante, C. (2016). Le développement typique et atypique des actions : théories, recherches et pratiques. *Enfance*, 2016(01), 15-33.
<https://doi.org/10.4074/s0013754516001038>
- Kaiser, M. L. (2009). *Facteurs endogènes et exogènes influençant l'écriture manuelle chez l'enfant* (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).
- Kandel, S., Soler, O., Valdois, S., & Gros, C. (2006). Graphemes as Motor Units in the Acquisition of Writing Skills. *Reading and Writing*, 19(3), 313-337. <https://doi.org/10.1007/s11145-005-4321-5>
- Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous child*, 2(3), 217-250.
- Kay-Raining Bird, E., Cleave, P. L., White, D., Pike, H., & HelmKay, A. (2008). Written and Oral Narratives of Children and Adolescents With Down Syndrome. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(2), 436-450. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/032\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/032))
- Kirk, U. (1981). The Development and Use of Rules in the Acquisition of Perceptual Motor Skill. *Child Development*, 52(1), 299. <https://doi.org/10.2307/1129243>

- Lacquaniti, F., Terzuolo, C., & Viviani, P. (1983). The law relating the kinematic and figural aspects of drawing movements. *Acta Psychologica*, 54(1-3), 115-130. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(83\)90027-6](https://doi.org/10.1016/0001-6918(83)90027-6)
- Maeland, A. F. (1992). Handwriting and Perceptual-Motor Skills in Clumsy, Dysgraphic, and 'Normal' Children. *Perceptual and Motor Skills*, 75(3_suppl), 1207-1217. <https://doi.org/10.2466/pms.1992.75.3f.1207>
- Miyahara, M. (1994). Sous-types d'élèves ayant des troubles d'apprentissage basés sur les fonctions motrices globales. *Activité physique adaptée trimestriellement*, 11 (4), 368-382.
- Molloy, C. A., Dietrich, K. N., & Bhattacharya, A. (2003). Postural Stability in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 33(6), 643-652. <https://doi.org/10.1023/b:jadd.0000006001.00667.4c>
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2011). Dyslexia, dysgraphia, procedural learning and the cerebellum. *Cortex*, 47(1), 117-127. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2009.08.016>
- Noterdaeme, M., Mildenberger, K., Minow, F., & Amorosa, H. (2002). Quantitative and qualitative evaluation of neuromotor behaviour in children with a specific speech and language disorder. *Infant and Child Development*, 11(1), 3-15. <https://doi.org/10.1002/icd.234>
- Noyer, M. (2005). Écrire avant de savoir écrire. *Enfance*, 57(1), 11. <https://doi.org/10.3917/enf.571.0011>
- Paillard, J. (1985). Les niveaux sensori-moteur et cognitif du contrôle de l'action. *Laurent M. & Therme P.(Eds). Recherches en APS*, 1, 147-163.
- Pellicano, E., Gibson, L., Maybery, M., Durkin, K., & Badcock, D. R. (2005). Abnormal global processing along the dorsal visual pathway in autism : a possible mechanism for weak visuospatial coherence ? *Neuropsychologia*, 43(7), 1044-1053. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.10.003>
- Perrin, J., & Maffre, T. (2019). *Autisme et psychomotricité*. Berchem, Belgique : De Boeck.

- PICK, A. (1924). ON THE PATHOLOGY OF ECHOGRAPHIA. *Brain*, 47(4), 417-429.
<https://doi.org/10.1093/brain/47.4.417>
- Planche, P., Lemonnier, E., Moalic, K., Labous, C., & Lazartigues, A. (2002). Les modalités du traitement de l'information chez les enfants autistes. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 160(8), 559-564. [https://doi.org/10.1016/s0003-4487\(02\)00231-7](https://doi.org/10.1016/s0003-4487(02)00231-7)
- Rinehart, N. J., Bellgrove, M. A., Tonge, B. J., Brereton, A. V., Howells-Rankin, D., & Bradshaw, J. L. (2006). An Examination of Movement Kinematics in Young People with Highfunctioning Autism and Asperger's Disorder : Further Evidence for a Motor Planning Deficit. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(6), 757-767.
<https://doi.org/10.1007/s10803-006-0118-x>
- Rogers, S. J., Bennetto, L., McEvoy, R., & Pennington, B. F. (1996). Imitation and pantomime in high-functioning adolescents with autism spectrum disorders. *Child development*, 67(5), 2060-2073.
- Rosenbloom, L., & Horton, M. E. (2008). The Maturation of Fine Prehension in Young Children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 13(1), 3-8. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1971.tb03025.x>
- Rosenblum, S., Simhon, H. A. B., & Gal, E. (2016). Unique handwriting performance characteristics of children with high-functioning autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 23, 235-244. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2015.11.004>
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82(4), 225-260. <https://doi.org/10.1037/h0076770>
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning: A behavioral emphasis (2^e ed.)*. Champaign, IL : Human kinetics.
- Smits-Engelsman, B. C. M., Niemeijer, A. S., & van Galen, G. P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human Movement Science*,

20(1-2), 161-182. [https://doi.org/10.1016/s0167-9457\(01\)00033-1](https://doi.org/10.1016/s0167-9457(01)00033-1)

Smits-Engelsman, B. C., & Van Galen, G. P. (1997). Dysgraphia in Children : Lasting Psychomotor Deficiency or Transient Developmental Delay ? *Journal of Experimental Child Psychology*, 67(2), 164-184. <https://doi.org/10.1006/jecp.1997.2400>

Smits-Engelsman, B., Niemeijer, A., & van Galen, G. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human Movement Science*, 20(1-2), 161-182. [https://doi.org/10.1016/s0167-9457\(01\)00033-1](https://doi.org/10.1016/s0167-9457(01)00033-1)

Soppelsa, R., & Albaret, J. M. (2012). Evaluation de l'écriture chez l'adolescent. Le BHK Ado. *Entretiens de Psychomotricité*, 66-76.

Spencer, J., O'Brien, J., Riggs, K., Braddick, O., Atkinson, J., et Wattam-Bell, J. (2000). Traitement du mouvement dans l'autisme: preuve d'une déficience du flux dorsal. *Neuroreport*, 11 (12), 2765-2767.

Van Eylen, L., Boets, B., Steyaert, J., Evers, K., Wagemans, J., & Noens, I. (2011). Cognitive flexibility in autism spectrum disorder : Explaining the inconsistencies ? *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(4), 1390-1401. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2011.01.025>

Van Hagen, A. J. M. (1998). Diagnostiseren en behandelen van zwakke schrijvers in het basis- en speciaal onderwijs [Assessment and intervention for poor writers in primary and special schools].

Van Hoorn, J. F., Maathuis, C. G., Peters, L. H., & Hadders-Algra, M. (2010). Handwriting, visuomotor integration, and neurological condition at school age. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(10), 941-947. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2010.03715.x>

Galen, G. P. (1991). Handwriting : Issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science*, 10(2-3), 165-191. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(91\)90003-g](https://doi.org/10.1016/0167-9457(91)90003-g)

Viviani, P., & Terzuolo, C. (1980). 32 Space-Time Invariance in Learned Motor Skills. *Advances in Psychology*, 525-533. [https://doi.org/10.1016/s0166-4115\(08\)61967-6](https://doi.org/10.1016/s0166-4115(08)61967-6)

- Wann, J., & Jones, J. (1986). Space-time invariance in handwriting : Contrasts between primary school children displaying advanced or retarded handwriting acquisition. *Human Movement Science*, 5(3), 275-296. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(86\)90032-1](https://doi.org/10.1016/0167-9457(86)90032-1)
- Weimer, A. M. Y. K., Schatz, A. M. Y. M., Lincoln, A. L. A. N., Ballantyne, A. N. G. E. L. A. O., & Trauner, D. O. R. I. S. A. (2001). « Motor » Impairment in Asperger Syndrome : Evidence for a Deficit in Proprioception. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 22(2), 92-101. <https://doi.org/10.1097/00004703-200104000-00002>
- Weintraub, N., & Graham, S. (2000). The Contribution of Gender, Orthographic, Finger Function, and Visual-Motor Processes to the Prediction of Handwriting Status. *The Occupational Therapy Journal of Research*, 20(2), 121-140. <https://doi.org/10.1177/153944920002000203>
- Wright, C. E. (1990). Generalized motor programs: Reexamining claims of effector independence in writing.
- Zesiger, P. (1995). *Écrire : Approches cognitive, neuropsychologique et développementale (French Edition)*. Paris, France : Presses universitaires de France (réédition numérique FeniXX).
- Zesiger, P. (2003). Acquisition et troubles de l'écriture. *Enfance*, 55(1), 56. <https://doi.org/10.3917/enf.551.0056>
- Zesiger, P., Deonna, T., & Mayor, C. (2000). L'acquisition de l'écriture. *Enfance*, 53(3), 295-304. <https://doi.org/10.3406/enfan.2000.3186>

Annexes

Abstract et résumé

Résumé

Lors de ma troisième année à l'institut de formation de [] j'ai eu la possibilité d'effectuer un stage dans un []. Là-bas j'ai rencontré Malo un jeune TSA avec de grosses difficultés d'écriture.

Pour l'aider à améliorer sa qualité mais surtout sa vitesse d'inscription j'ai fait l'hypothèse que stimuler les invariants de l'écriture lui permettrait d'en automatiser les programmes moteurs. L'objectif est de permettre, par l'automatisation de l'écriture, l'émergence d'un contrôle proactif du mouvement qui permettrait à l'enfant de gagner en vitesse d'inscription.

Pour ce faire, j'ai mis en place un protocole s'appuyant sur différentes méthodes : une présentation multi-sensorielle des lettres, une partie d'auto-instruction inspirée de la méthode Jongmans et enfin un entraînement aux programmes moteurs où je vais stimuler les différents invariants.

Afin de juger des progrès faits durant la rééducation je réalise à chaque séance une analyse cinétique de l'écriture pour observer la variation du bruit moteur, témoin de la fluidité, donc de l'automatisation de l'écriture. Pour cela j'utilise une tablette graphique. Je réalise également un retest de BHK ainsi que de l'item « dextérité manuelle » du MABC-2 pour observer les possibles améliorations. Durant toutes les séances je m'intéresserai aussi à l'aide d'une grille d'observation aux comportements de Malo durant la tâche d'écriture. L'objectif ici est de voir si l'automatisation de l'écriture rend sa production moins coûteuse pour que ce soulagement entraîne une amélioration de la posture.

Les résultats du retest du BHK témoignent des améliorations d'écriture aussi bien en terme de qualité que de vitesse. Ainsi, les séances de rééducation ont permis un changement dans la préparation du mouvement. Grâce aux extraits de la tablette graphique on a pu observer l'acquisition de l'unité de base des programmes moteurs de certaines lettres. Ils ont aussi permis de voir que lors d'une des séances Malo a réussi à saisir la dynamique du mouvement qui sous-tend le geste d'écriture, mais que par peur de déstructurer la qualité de son écriture il s'est aussi tôt imposé un contrôle.

Ainsi, bien que la dextérité manuelle et la posture n'aient que peu évolué, l'automatisation des programmes moteurs a permis l'amélioration de l'écriture. Ce progrès a été possible par la stimulation intense des invariants de l'écriture.

Abstract

During my third year at the training institute of TOULOUSE I had the opportunity to do an internship in a SESSAD autism. There I met Malo, a kid with ASD who had great trouble writing.

To help him improve his writing quality and especially his writing speed, I made the hypothesis that stimulating the invariants of writing would allow him to automate the motor programs. The objective is to allow, through the automation of writing, the emergence of a proactive control of the movement which would allow the child to improve his write speed.

To do this, I have set up a protocol based on different methods: a multi-sensory presentation of the letters, a part of self-instruction inspired by the Jongmans's method and at last a training of the motor programs where I will stimulate the different invariants.

In order to judge the progress made during the re-education I carry out at each session a kinetic analysis of the writing to observe the variation of the motor noise, witness of the fluidity, thus of the automation of the writing. For this I use a graphic tablet. I also carry out a retest of BHK as well as of the item "manual dexterity" of the MABC-2 to observe the possible improvements.

Over the course of all the sessions I will also be interested in Malo's behaviors during the writing task using an observation grid. The target is to see if the automation of the writing task makes his production less wasteful to allow a relief leads and a improvement of the posture.

The results of the BHK retest reveals improvements in writing both in terms of quality and speed. Thus, the rehabilitation sessions allowed a change in the preparation of the movement. Thanks to the extracts of the graphic tablet, it was possible to observe the acquisition of the basic unit of the motor programs of certain letters. They also allowed us to see that during one of the sessions Malo succeeded in grasping the dynamics of the movement underlying the writing gesture, but that for fear of destructuring the quality of his writing he also imposed control on himself early on.

Thus, although manual dexterity and posture have changed a little, the automation of motor programs has allowed the improvement of writing. This progress was made possible by the intense stimulation of the invariants of writing.

