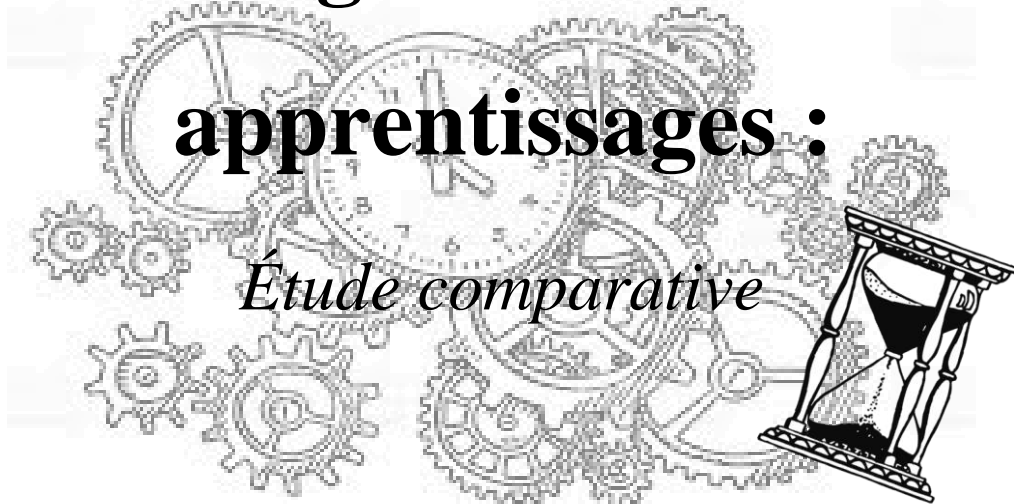




Faculté de Médecine Toulouse Rangueil
Institut de Formation en Psychomotricité

Timing et trouble des apprentissage :

Étude comparative



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

LAHAIX Estelle

Juin 2018

Sommaire Introduction	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
Partie théorique	6
I- Le timing	7
1- Définition du timing	7
2- Ontogenèse du timing	9
3- Classification du timing : modèle de Coull et Nobre	10
3.1- Le timing explicite	11
3.2- Le timing implicite	12
II- Evaluation des processus temporels	13
1- Le test de Stambak (1960)	14
2- Le projet BAASTA	15
3- Autres façons d'évaluer le timing	17
III- Trouble des apprentissages et timing	17
1- TDC et timing	18
1.1- Définition	18
1.2- Études sur les capacités en timing	19
2- Trouble du langage et timing	20
2.1- Définition	20
2.2- Études sur les capacités en timing	22
3- TDA/H et timing	23
3.1- Définition	23
3.2- Études sur les capacités en timing	24
Partie pratique	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I- Présentation de la méthode de recherche	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1- La démarche	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2- La population cible	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3- Les tests	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
II- Les résultats obtenus et analyse	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1- Population témoin	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2- TDC	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3- Trouble du langage	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
4- TDA/H	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
Discussion	28
Conclusion :	33
Bibliographie :	34
Annexes	37

Introduction

Ces trois dernières années d'études ont donné lieu à un apprentissage des divers troubles moteurs et des comorbidités qui leur sont associées. A plusieurs reprises fût abordée la notion du temps, qu'elle concerne la chronologie de nos actions ou la réalisation du mouvement optimal qui s'adapte à la situation face à laquelle le sujet est confronté. C'est durant mon stage de 2ème année qu'une question s'est dessinée : comment les patients atteints de troubles moteurs gèrent-ils la temporalité qui est propre au mouvement ?

Avec l'avancée dans l'année et ma participation à la Journée toulousaine de la psychomotricité de 2017 ayant pour thème : Temps et rythme, mes questionnements se sont élargis et des pistes de réponses ont commencé à émerger, alors que d'autres questions se posaient.

Ainsi, ma réflexion sur les capacités temporelles n'était plus centrée uniquement sur les troubles moteurs mais aussi sur tous les troubles des apprentissages (particulièrement le TDC, le trouble du langage et le TDA/H). De plus, la notion de timing ayant été introduite, mon désir de mieux connaître cette notion et son lien avec les différents troubles des apprentissages m'ont amenée à creuser un peu plus dans ce domaine. J'ai alors cherché dans mes stages si le timing faisait partie des habiletés que l'on prend en compte en rééducation. En effet, après en avoir parlé à certains professionnels et avoir observé des patients avec des déficits conséquents dans le domaine temporel, je me suis rendu compte que cette question du déficit en timing était prédominante dans de nombreuses pathologies intéressant les psychomotriciens.

Lors de mes recherches, j'ai aussi pu constater qu'ils n'existaient que très peu de moyens pour préciser le déficit en timing, et donc qu'il était difficile de le prendre en charge de manière adéquate.

C'est cette dernière réflexion qui fut à la base de la création de ce mémoire : comment évaluer efficacement et de la manière la plus objective possible les habiletés de timing chez les enfants ayant un trouble de l'apprentissage ?

J'ai donc entrepris de créer un outil d'évaluation du timing, s'appuyant sur la classification de Coull et Nobre et sur les tests déjà existants, puis de le proposer à un maximum d'enfants typiques et pathologiques en situation de bilan. Le but étant à terme de dresser des profils types des capacités en timing suivant les pathologies.

La problématique de ce mémoire sera donc : quelles sont les corrélations entre les différents déficits en timing et certains des troubles des apprentissages ?

Dans un premier temps, nous aborderons la notion de timing et son évaluation de nos jours, puis nous définirons les différentes pathologies étudiées et les bases théoriques de leur lien avec les capacités de timing. Nous nous appuyerons notamment pour cela sur le mémoire de fin d'étude en psychomotricité de Coutand (2017) qui a réalisé une revue de littérature de l'état actuel des connaissances sur le temps et son lien avec la psychomotricité.

Dans un deuxième temps, nous expliquerons la méthode de recherche (définition de la population et création du test) puis nous analyserons les résultats récoltés.

Enfin, une discussion nous permettra alors de conclure sur les résultats et de réfléchir autour de la prise en charge possible des déficits en timing précédemment objectivés.

Partie

théorique

I- Le timing

Avant de parler du lien entre timing et pathologies psychomotrices, il convient afin de permettre une base commune à l'ensemble du mémoire, de bien définir les différentes notions se référant aux processus temporels. De plus, nous distinguerons les différentes capacités en timing en nous basant sur la classification de Coull et Nobre qui sera exposée dans cette partie.

1- Définition du timing

Pour définir correctement la notion de timing, il me semble nécessaire de revenir sur les notions de rythme et de tempo et sur la différence entre les deux, car il y a souvent une confusion entre ces notions.

Le rythme est une succession de stimuli à durée propre et variable (stimuli court ou long) et d'intervalles temporels (=le temps entre chaque stimuli, qui peut être plus ou moins long). Il doit pouvoir être perçu comme une répétition de stimuli identifiables (Coutand, 2017). Le tempo intervient pour des stimuli brefs dont la durée des intervalles inter-stimuli est constante (=pulsation d'un métronome). Il peut être défini par la durée de l'Intervalle Inter-Stimuli (IIS) ou par le nombre de Battement Par Minute (BPM) séparant un stimulus de l'autre.

Le schéma de la Figure I-1 réunit et explique ces différentes notions.

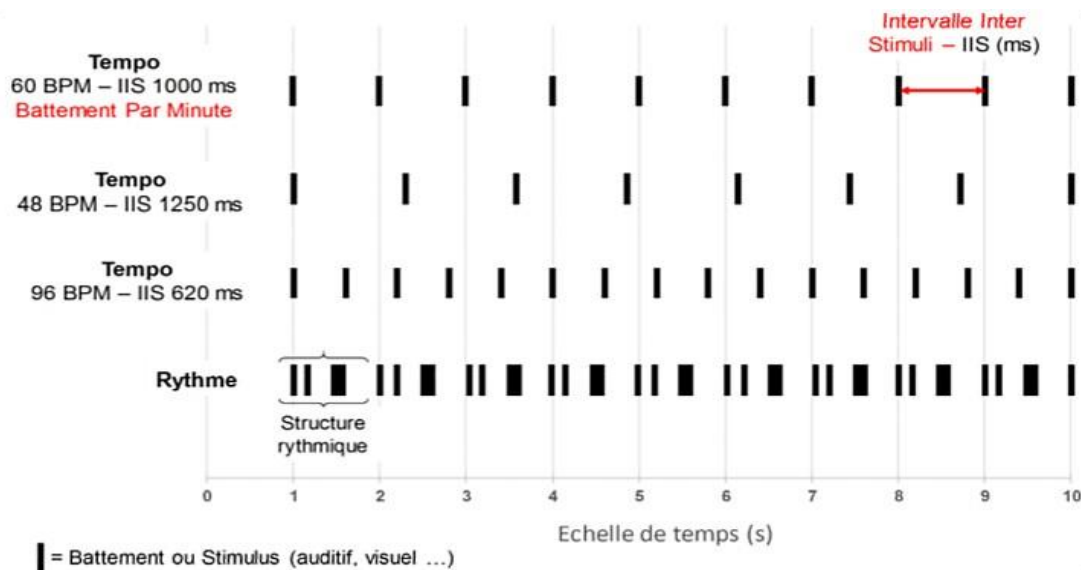


Figure I-1 : schéma explicatif des notions de rythme, tempo, IIS et BPM (Coutand, 2017)
 La notion de timing se réfère à notre capacité à percevoir et estimer des intervalles de temps et à utiliser les informations temporelles (durée, rythme) dans le but d'adapter nos comportements aux situations. On le différencie de la notion de temporalité qui est plus large et qui inclut le temps notionnel (heure, jours, mois...).

Dans la littérature scientifique (extrait de la 19^{ème} Journée Toulousaine de psychomotricité du 27 mai 2017), on donne 2 dimensions au timing :

- Le timing relatif aux durées, qui est plus perceptif et qui est lié au cervelet
- Le timing relatif au rythme, qui est plus moteur et qui est lié aux ganglions de la base

Dans le quotidien on traite en permanence différents types d'informations temporelles.

Ainsi, le timing relatif aux durées fait référence à :

→ la perception de durées (*ex : durée du feu rouge*) : qui concerne des délais longs et qui implique l'attention

→ la prise de décision : qui concerne des délais brefs et un traitement rapide de l'information (*ex : conduite*)

→ des tâches d'anticipation : qui est la capacité à savoir combien de temps va durer une activité avant de la faire. (*Ex : anticiper le temps d'une heure de travail*)

Alors que le timing relatif au rythme se retrouve dans : la marche, les discussions, certains sports (danse) ou dans la musique

La notion de timing est donc étroitement liée à de nombreuses capacités comme la motricité générale, la parole, l'attention ou la planification. La bonne perception et maîtrise des informations temporelles qui nous entourent est donc primordiale car elle permet une meilleure compréhension du monde et est indispensable à l'adaptation, la socialisation et la communication (Droit Volet, 2013).

2- Ontogenèse du timing

Déjà in utéro, nous sommes exposés à de nombreux stimuli temporels (battements de cœur de la mère, rythmicité du dialogue perçu...) et ces stimuli ne font que se multiplier et se diversifier après la naissance et tout au long de la vie.

Ainsi, les nouveaux nés sont capables très tôt d'apprendre des intervalles de temps associés à des événements. On observe chez le nourrisson des manifestations rythmiques inconscientes qui sont liées au timing moteur spontané de l'enfant. Par exemple, la succion du pouce est la représentation d'un rythme spontané très archaïque qui apparaît dès la naissance. Par la suite, certaines stéréotypies motrices de l'enfance, la marche ou encore la mastication, montrent également une notion de périodicité et donc de rythme.

Le tempo moteur spontané peut être défini comme la cadence que choisit spontanément un individu pour une activité motrice simple comme frapper sur une table avec la main (STAMBAK, 1951). Il échappe au contrôle volontaire et est à la base de différentes coordinations motrices.

On remarque que ce tempo moteur spontané évolue avec l'âge. De 3 à 10 ans, ce tempo est peu individualisé, il est rapide et assez instable. La valeur du tempo moteur spontané est environ de 75 BPM à 8 ans et de 100 BPM à 10 ans puis tend à diminuer jusqu'à l'âge adulte.

Ce n'est que vers l'âge de 12 ans que ce tempo moteur spontané se stabilise et s'individualise. A partir de cet âge, chaque individu possède son propre tempo moteur spontané.

La capacité à se synchroniser avec un stimulus externe apparaît dès 3 ans (danser sur une musique en rythme par exemple), mais celle-ci est encore très peu développée. A partir de 5 ans, l'estimation et la reproduction d'intervalles temporels sont plus précises et moins

variables. Ce n'est que vers 8 ans, que l'on peut considérer que la précision et la stabilité de cette capacité de synchronisation égalent celles de l'adulte (Pouthas, 1995 ; Droit-Volet, 2000 cités par Coutand, 2017).

La synchronisation sensori-motrice n'est toutefois possible, chez l'adulte, que sur des cadences correspondant aux tempi moteurs spontanés. On remarque que cette synchronisation est optimale pour des cadences de l'ordre de 80 BPM.

Avec la maturation de notre cerveau, notre sensibilité au temps évolue et on acquiert des capacités de jugement temporel de plus en plus précises. Celles-ci sont enrichies par nos expériences sensorimotrices et relationnelles et l'intégration de la dimension temporelle de celles-ci.

3- Classification du timing : modèle de Coull et Nobre

De nombreux auteurs s'accordent pour classer le timing en séparant le domaine moteur du domaine perceptif. Ainsi, le timing moteur correspond aux actions ou aux mouvements du corps où une organisation temporelle est nécessaire (comme pour attraper une balle en plein vol, marcher ou nager). Le timing perceptif, quant à lui, permet l'appréciation qualitative ou quantitative de l'ordre (c'est à dire de l'enchaînement temporel) et de la durée d'un stimulus, d'un événement ou d'une action.

En 2008, Jennifer Coull, chercheuse au CNRS de Marseille dans le domaine de la neuroscience, et Anna Nobre, neuroscientifique au département de psychologie expérimentale de l'Université d'Oxford, développent une classification des différents types de timing permettant de réunir ces différents processus en 4 grandes catégories. Elles reprennent les différentes classifications préexistantes afin de les regrouper en une seule, différenciant tout d'abord le timing explicite du timing implicite puis dans chacune de ces catégories, ce qui relève du moteur et ce qui relève du perceptif. (Figure I-2).

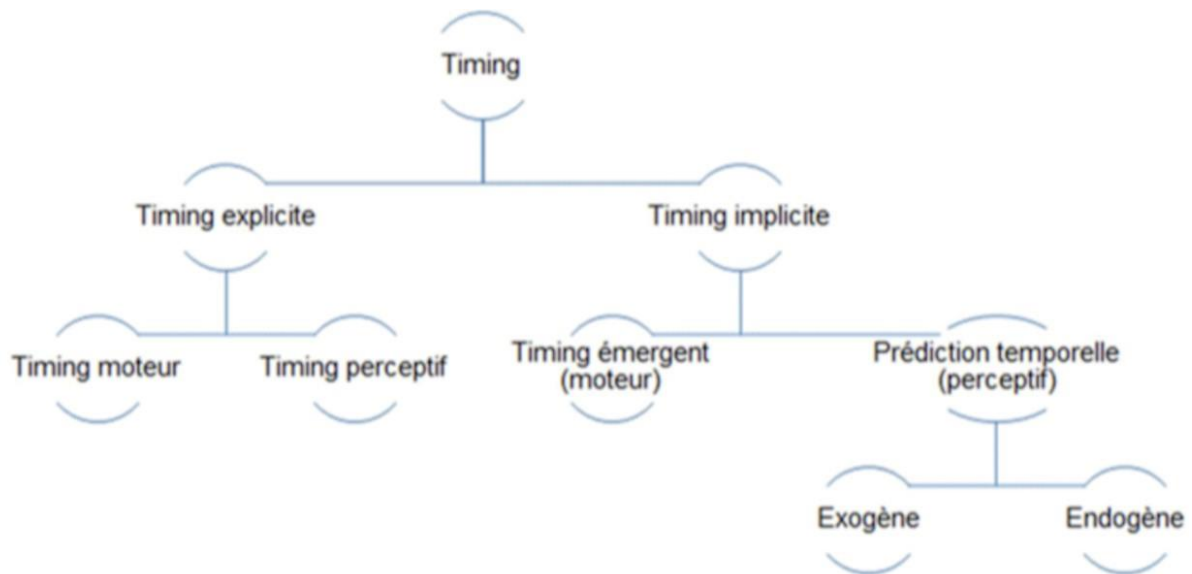


Figure I-2 : taxonomie fonctionnelle des processus temporels selon Coull & Nobre (2008)

Dans ce mémoire, nous utiliserons leur classification comme référence pour analyser les différents écrits de la littérature scientifique et pour comparer et interpréter l'ensemble des résultats de la partie pratique.

3.1- Le timing explicite

Le timing explicite est la capacité permettant l'estimation ou la production de temps, lorsque l'on demande au sujet de le faire de manière consciente. Dans cette catégorie, les auteurs différencient le timing explicite perceptif du timing explicite moteur.

Le timing explicite perceptif permet l'estimation consciente et délibérée d'une durée ou d'un intervalle de temps entre deux événements. Il peut être mis en avant grâce à des tâches de :

- Discrimination temporelle : où l'individu doit comparer la durée d'un stimulus à une durée standard mémorisée préalablement.

Il peut s'agir de bissection temporelle c'est-à-dire d'une tâche où l'on présente au sujet deux sons de base (un court et un long), puis le sujet doit dire si un troisième son (le test) est plus proche du premier ou du deuxième son standard ;

Ou de généralisation temporelle où le sujet doit dire si la durée test est identique, plus courte ou plus longue que la durée standard présentée préalablement.

- Estimation de durée prospective ou rétrospective qui consiste à évaluer la durée d'un événement passé ou à venir.

Le timing explicite moteur se définit par la capacité à exprimer une durée ou un intervalle de temps par une production motrice. Il peut être évalué grâce à des tâches de :

- Production ou de reproduction temporelle : le sujet doit réaliser une action motrice, comme appuyer sur un bouton, pendant une durée définie préalablement (production) ou doit reproduire une séquence rythmique à l'identique (reproduction).
- Synchronisation et continuation de tempo : le sujet doit taper (avec la main, le pied, ou le doigt) sur la table ou sur une touche, en même temps que le tempo proposé (synchronisation), puis doit continuer à le faire sans feedback auditif (continuation).

3.2- Le timing implicite

Le timing implicite est sollicité dans des tâches à but non temporel. Il sert à prédire l'apparition d'un événement grâce à une information sensori-motrice temporellement structurée.

Le timing implicite perceptif (ou prédiction temporelle) utilise les repères temporels pour optimiser la précision et la rapidité du sujet par une bonne anticipation de l'événement.

Les repères temporels utilisés peuvent être :

- Exogènes et venant de la dynamique de l'environnement (ex : lorsque l'on traverse une route, l'information temporelle contenue dans le déplacement de la voiture nous indique le temps que nous avons pour traverser la route).

On peut l'évaluer par des tâches de prédiction du temps de collision entre deux objets (prédiction du temps mis par un objet pour atteindre une cible)

- Endogènes et liée à nos expériences antérieures (ex : nous connaissons le temps de changement de couleur d'un feu tricolore et nous pouvons donc anticiper le moment où il passera au vert).

On peut l'évaluer par des tâches de prédiction indicée et sérielle : le sujet doit utiliser l'association entre un stimulus visuel et une durée pour prédire l'apparition du stimulus suivant (prédiction indicée), ou doit dire si la dernière séquence rythmique d'une série de 4 est identique ou différente des trois premières (prédiction sérielle).

Le timing implicite moteur (ou timing émergent) permet la régularité temporelle d'une action motrice. On peut le mesurer grâce :

- Au tempo moteur spontané : que l'on obtient en demandant à l'individu de taper du doigt, de la main ou du pied de manière continue sur un intervalle de temps donnée.
- À la régularité d'une action motrice continue (marche, dessin de cercles continus...).

La figure I-3 reprend la classification de Coull et Nobre et y associe les différentes tâches permettant de mettre en avant chaque catégorie de timing.

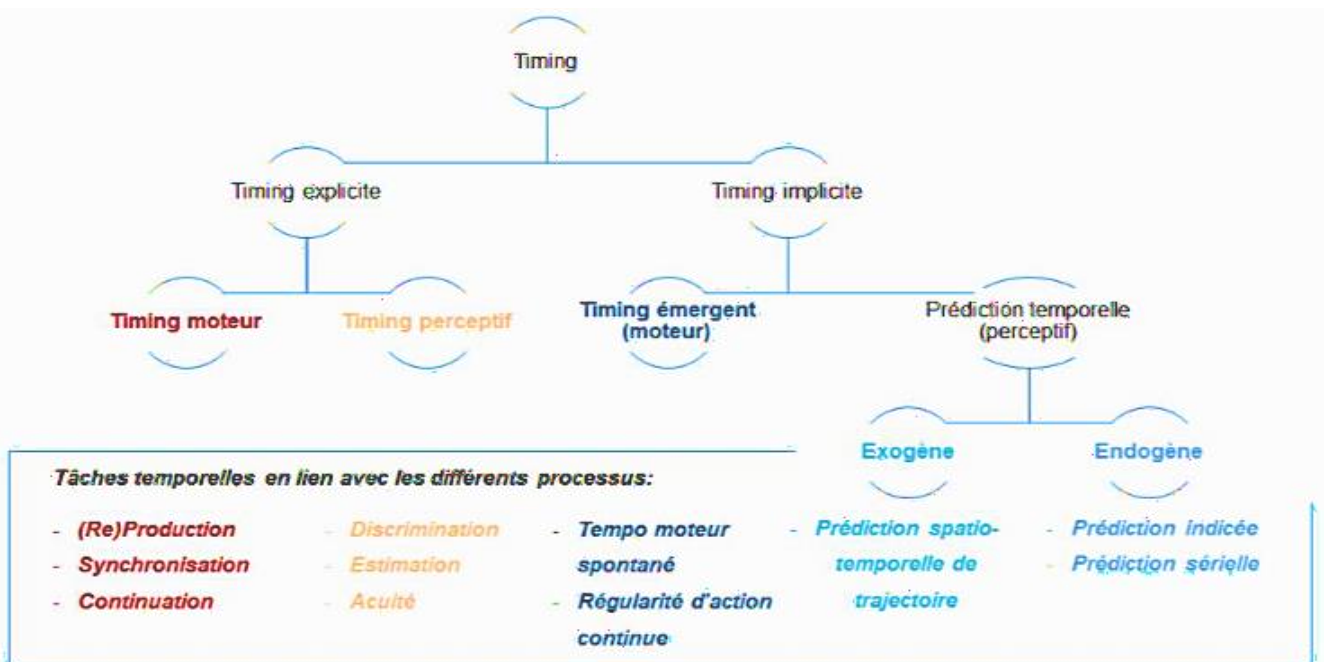


Figure I-3: Classification de Coull & Nobre (2008) et tâches temporelles associées

II- Evaluation des processus temporels

Le but de cette partie est de faire un inventaire des tests d'évaluation à disposition du psychomotricien lui permettant de situer les difficultés temporelles et les potentiels défauts de timing.

1- Le test de Stambak (1960)

Le Test de Stambak est le test le plus utilisé par les psychomotriciens pour évaluer les capacités temporelles. Il est, à la base, créé pour connaître le lien entre le timing et la dyslexie, et principalement son lien avec l'apprentissage de la lecture.

Ce test permet d'évaluer différents domaines comme : le tempo moteur spontané (TMS), la reproduction de structures rythmiques (voie auditive seulement), la compréhension et la reproduction de structures rythmiques (conceptualisation schématique simple d'un rythme – voie visuelle).

Le tempo moteur spontané est obtenu en demandant au sujet de taper 21 coups sur la table avec son index, sans indiçage externe. On chronomètre le temps mis pour taper tous les coups et on regarde subjectivement la régularité de ces coups. Cette épreuve permet de voir le tempo individuel de chaque sujet pour réaliser une activité motrice simple (à comparer avec la réalisation d'autres activités motrices).

La reproduction de structures rythmiques consiste à demander au sujet de reproduire une structure rythmique faite par le psychomotricien qui frappe la table hors de vue du patient. Cette épreuve mesure la structuration temporelle à proprement dite. Elle évalue la possibilité d'appréhension immédiate de structures rythmiques avec une difficulté augmentant graduellement, ainsi que la possibilité de structurer des frappes.

La compréhension et la reproduction de structures rythmiques demande au sujet de lire et de reproduire des structures rythmiques présentées sur une feuille. Le psychomotricien doit au préalable expliquer et vérifier que le sujet ait compris comment décoder les symboles représentant les structures rythmiques. Cette épreuve a été introduite dans le test pour étudier le rapport entre la compréhension du symbolisme (qui est plus liée aux capacités intellectuelles), et la reproduction de structure rythmique (qui est liée aux possibilités de structuration temporelle au niveau perceptivo -moteur).

Le Stambak est un test est rapide qui peut facilement être intégré à un bilan. Toutefois, il ne teste pas tous les domaines du timing et sa cotation ne permet pas d'avoir des résultats très précis des capacités du sujet, mais plus une estimation de celles-ci. Par exemple, la régularité des frappes en reproduction de rythme est un critère subjectif. De plus, la mémoire joue aussi un rôle dans cette épreuve ce qui peut parfois biaiser les résultats. Enfin, l'étalonnage de ce test date de 1951 et on peut donc supposer que les résultats obtenus de nos jours seraient différents. Ce test peut tout de même être utilisé au préalable d'autres tests, pour avoir une première idée de la difficulté ou non dans ce domaine

2- Le projet BAASTA

L'équipe « Rythme et Synchronisation » du laboratoire de recherche Euromov (Université de Montpellier) a développé un outil d'évaluation des processus temporels nommé Battery for the

Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities (BAASTA) (Dalla-Bella & al, 2016). Cette batterie de tests utilise une application créée par les chercheurs. Elle se fait passer sur une tablette tactile. Les performances des sujets sont ainsi enregistrées, puis traitées à posteriori grâce à l'application. L'avantage de cette batterie c'est qu'en plus de permettre un traitement objectif des capacités du sujet, elle est composée de nombreuses tâches évaluant le timing perceptif et le timing moteur.

Au niveau du timing perceptif, on retrouve :

- Une tâche de discrimination de durées dans laquelle le sujet doit dire si les deux stimuli auditifs ont la même durée ou non. *Le deuxième son est-il plus court ou plus long que le premier ?*
- Une tâche de détection d'anisochronie avec métronome : cela consiste à demander au sujet si un changement de rythme est apparu dans la séquence ou non. *La séquence du métronome est-elle régulière ou irrégulière ?*
- Une tâche d'anisochronie avec séquences musicales (piano). *La séquence de la musique est-elle régulière ou irrégulière ?*
- Une tâche d'alignement de « beats » dans laquelle une séquence musicale est jouée, avec un ajout d'un son de triangle qui est synchrone ou non avec le tempo de la musique. On demande alors au sujet si le triangle était dans le même rythme ou non

que la musique jouée. *Le métronome superposé est-il aligné ou non aligné avec le battement de la musique ?*

Pour le timing moteur, on teste :

- La production d'un tempo moteur spontané libre : qui doit être le plus lent possible puis le plus rapide possible pendant 60 secondes. Le tempo est marqué par un tapping de l'index de la main dominante du sujet sur la tablette. La vitesse et la variabilité sont analysées.
- La capacité de synchronisation sur une séquence isochrone (c'est à dire sur plusieurs métronomes à tempi différents) puis sur une séquence musicale (d'un tempo de 100 BPM). On mesure précision et la variabilité.
- La synchronisation et la continuation sur séquence isochrone.
- L'adaptation à une variation de tempo « tapping adaptatif » : Un tempo régulier est donné au départ, puis ce tempo change et le sujet doit se synchroniser à ce nouveau tempo. Il doit ensuite maintenir ce rythme après l'arrêt des stimuli auditifs pendant quelques secondes. La précision et la variabilité sont relevées.

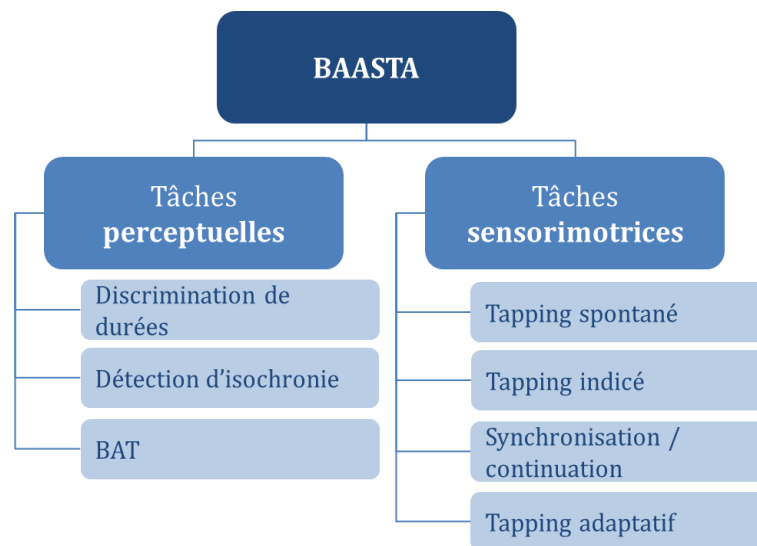


Figure II-1 : épreuves de la BAASTA (Dalla-Bella & al, 2016)

Bien que ce test soit très complet et qu'il constitue un outil révolutionnaire de l'évaluation des capacités de timing, sa durée de passation (1H) peut être un frein à son utilisation dans

un bilan psychomoteur classique. De plus, d'après la classification de Coull et Nobre (2008), il manque encore l'évaluation du timing implicite perceptif.

Initialement prévue pour tester les capacités rythmiques de patients atteints de la maladie de Parkinson, cette batterie de test a également fait ses preuves auprès d'enfants TDA/H et a permis de confirmer certaines théories portant sur leurs capacités de perception temporelle, tout en faisant émerger de nouvelles explications concernant leurs déficits dans ce domaine.

3- Autres façons d'évaluer le timing

Le bilan de Marthe Vyl est destiné à des enfants de 3 à 18 ans (Duriau, 2002).

Au travers des épreuves, ce bilan permet d'évaluer : le tempo moteur spontané, la synchronisation et la continuation de tempo et de rythme, la reproduction de rythmes (en frappant des mains sur 4 rythmes réalisés au piano), et la comparaison de durées (en fonction d'une durée de base écoutée avant chaque durée test).

D'après la classification de Coull et Nobre (2008) seul le timing implicite perceptif n'est pas évalué. Toutefois, ce bilan laisse une part trop importante à la subjectivité et n'apporte pas de données précises sur les capacités du sujet. D'autre part, il n'existe pas d'étalonnage précis et actualisé pour pouvoir comparer les résultats du patient à ceux des enfants de sa classe d'âge. On peut aussi trouver des questionnaires sur le temps conventionnel, tel que celui de Quartier (2008) (cité par Pereira, 2013). Ils ne sont toutefois pas totalement fiables car ils dépendent beaucoup de la capacité du sujet à connaître le vocabulaire lié au temps et les concepts qui y sont associés. Ainsi, pour un enfant atteint d'un trouble du langage ou d'un trouble attentionnel l'ayant empêché d'apprendre correctement ces notions, le questionnaire relèverait une difficulté à percevoir le temps (donc un trouble du timing perceptif) alors que les capacités des patients pourraient, quant à elles, être préservées dans ce domaine.

III- Trouble des apprentissages et timing

Ayant réalisé mon stage de troisième année au centre référent des troubles du langage et des apprentissages à l'hôpital Purpan, j'ai eu l'occasion de rencontrer de nombreux enfants atteints de troubles des apprentissages. J'ai donc basé mon observation des capacités en

timing sur ces pathologies. Dans cette partie, nous définirons chaque pathologie rencontrée et nous ferons le lien avec l'état actuel des connaissances de la littérature scientifique sur les capacités en timing par pathologie.

1- TDC et timing

1.1- Définition

Le trouble développemental des coordinations (TDC) est un trouble de la programmation du geste, qui a des répercussions sévères dans l'ensemble du développement de l'enfant (en distordant ses premières expériences motrices) et affectant la réalisation de certaines activités motrices au quotidien. Il est caractérisé par un manque de contrôle moteur touchant la motricité fine et la motricité globale. (Voir annexe 1 pour les critères diagnostiques du DSM-V) Sa prévalence est d'environ 5 à 6 % avec un sex-ratio compris entre 2 à 7 garçons pour 1 fille (Blank, 2012).

D'un point de vue clinique, il est souvent observé (Albaret, 2007; Wilson & al, 2013 cités par Coutand, 2017) :

- Une faible discrimination proprioceptive et kinesthésique
- Une perturbation du transfert intermodal des différents sens
- Des troubles oculomoteurs et visuo-spatiaux
- Des troubles de l'action, touchant équilibre, contrôle postural et coordinations
- Des signes neurologiques doux (syncinésies, hypotonie...)
- Des troubles affectifs

Toutes les actions sont inscrites dans un contexte spatio-temporel qui est nécessaire à leur bonne réalisation et qui est sous le contrôle du cervelet.

Le temps est donc primordial dans la réalisation de nos gestes : il permet le déroulement fluide du geste et gère la chronologie des différentes contractions musculaires de façon fine et rapide. Les capacités de timing sont ainsi omniprésentes dans le mouvement.

Pour bouger en rythme, il y a d'abord une étape perceptive qui consiste à extraire le rythme dans le mouvement à réaliser (c'est-à-dire connaître la régularité et la périodicité de celui-ci) qu'il faut par la suite intégrer dans le plan d'action. Ensuite, les processus de planification

et d'exécution de l'action motrice se mettent en place en tenant compte des informations temporelles récoltées dans l'environnement.

De plus, l'apprentissage joue aussi un rôle dans l'élaboration d'un mouvement fluide, avec un timing optimal. En effet, c'est en répétant le mouvement et en regardant les autres faire au quotidien que l'on peut avoir une idée de ce qu'est le « bon » mouvement.

Ainsi, l'incapacité à s'organiser suivant différentes étapes pour bouger en rythme interroge un défaut de timing.

1.2- Études sur les capacités en timing

On trouve très peu d'articles ou de livres dans la littérature scientifique faisant mention des capacités de timing, qu'il soit moteur ou perceptif, chez les sujets atteints de TDC. Toutefois, lorsque des études sont publiées sur le sujet, on remarque que c'est principalement le timing moteur (implicite ou explicite) qui est étudié.

Il ressort des études portant sur le tempo moteur spontané (timing moteur implicite) qu'il existe une plus grande variabilité intra-personnelle chez des enfants ayant un TDC par rapport un groupe contrôle (Piek & Skinner, 1999 cité par Wilson & al, 2013).

De plus, de nombreux auteurs mettent en avant une moins bonne précision et une plus grande variabilité durant des tâches de synchronisation sensori-motrice et des tâches de synchronisation - continuation avec un métronome (timing moteur explicite) (Coutand, 2017). Dans ces tâches, il est demandé à l'enfant de synchroniser des frappes digitales, des claquements dans les mains, ou simplement leur marche au stimulus rythmique du métronome.

Rosenblum et Regev (2013) utilisent un métronome interactif (Interactive-Metronome®) qui est relié à un logiciel informatique et à des capteurs de pression ou de mouvement. Ce dispositif permet de relever et d'analyser directement le mouvement réalisé par le sujet et donne donc des données objectives.

Les auteurs ont mis en évidence que des enfants entre 7 et 10 ans avec un TDC ont une plus grande variabilité et une moins bonne précision par rapport à un groupe contrôle, ce qui est en accord avec ce qui avait été retrouvé par les autres auteurs précédemment.

Coutand (2017) cite également une étude parlant du timing perceptif chez les enfant TDC : celle de Roche et al en 2016. Dans cette étude, les auteurs ne retrouvent pas de différence

dans le seuil de perception de tempo (c'est-à-dire la capacité à distinguer deux tempi comme différents l'un de l'autre) entre un groupe d'enfants avec un TDC et un groupe contrôle. De plus, ce seuil de perception semble diminuer avec l'âge aussi bien pour les enfants avec un TDC que les enfants du groupe contrôle. Cela laisse supposer une évolution similaire du timing perceptif.

Wilson (2005) propose une explication aux troubles du timing observés dans les différentes études, chez les enfants ayant un TDC. Selon lui, ces troubles seraient causés par un dysfonctionnement cérébelleux chez les enfants ayant un TDC. Le cervelet jouant un rôle important dans les processus temporels implicites et explicites inférieurs à la seconde, cela semble être une explication plausible et qui ferait le lien entre les troubles moteurs observés et les difficultés en timing moteur.

Cela est en accord avec des recherches plus récentes : certains auteurs parlent d'un trouble de l'apprentissage procédural (Nicolson & Fawcett, 2007 cité par Chaix & Albaret, 2013) associé à un dysfonctionnement au niveau cérébral des voies cortico-cérébelleuses et /ou cortico-striatale.

J'ai créé un tableau résumant les fonctions du timing qui sont altérées chez les sujet TDC d'après la littérature (figure III-1).

		Fonctions altérées chez un sujet TDC	Fonctions préservées chez un sujet TDC
Timing explicite	Timing moteur	X	
	Timing perceptif		X
Timing implicite	Timing moteur	X	
	Timing perceptif		?

Figure III-1: capacité en timing chez les sujets TDC

2- Trouble du langage et timing

2.1- Définition

Chez l'enfant, des troubles du langage oral peuvent se manifester pour différentes raisons (Lussier & Flessas, 2009) :

- Après la survenue d'un accident cérébral ou d'un traumatisme : c'est donc un trouble acquis, que l'on l'appelle généralement aphasie, comme chez l'adulte
- Suite à un syndrome causant un trouble développemental global : comme dans le syndrome de Rett ou l'autisme
- Ou au cours du développement de l'enfant, sans pathologie ni lésion cérébrale objectivée

La dernière forme est dite « idiopathique » car on ne connaît pas la cause réelle du trouble du langage, et qu'elle apparaît au cours du développement même du langage. C'est cette dernière forme que l'on appelait trouble spécifique du langage oral (dans le DSM-IV). Le DSMV change complètement la classification de ce trouble. Il fait désormais partie des troubles de la communication dans le chapitre trouble neurodéveloppementaux.

On l'appelle maintenant trouble du langage, la notion de spécificité ayant été enlevée dans cette nouvelle classification car elle faisait débat (voir annexe 2 pour les critères du DSM V).

Ce trouble du langage se caractérise par une rupture de l'évolution chronologique des étapes du développement du langage oral qui s'observe par des formes déviantes ou aberrantes du langage coexistant régulièrement avec les formes correctes.

On peut le définir comme : « une altération du développement des fonctions langagières entraînant l'échec d'une acquisition normale du langage expressif et/ou réceptif » (Lussier & Flessas, 2009).

L'incidence de ce trouble du langage est évaluée entre 3 et 5% de la population infantile pour le trouble du langage expressif pur, auxquels on ajoute 3% pour les trouble mixtes (expressifs et réceptifs).

Selon Lussier et Flessas (2009), on retrouve très fréquemment un trouble de la séquentialisation associé au trouble du langage, c'est-à-dire une difficulté à ordonner les lettres dans un mot ou les mots dans une phrase, ce qui entrainerait presque toujours un trouble de la perception du temps. Ce trouble de la perception du temps s'exprime par une

difficulté chez l'enfant pour organiser des événements dans un ordre chronologique donné. L'enfant ayant un trouble du langage a donc besoin qu'on installe des routines lui permettant de se retrouver dans le temps et de lier les différents moments de la journée aux environnements correspondants.

Le concept de temps en lui-même (avant, après, demain, hier) n'existe pas ou peu pour lui, et cela même si on écarte les difficultés à connaître les mots désignant le temps.

2.2- Études sur les capacités en timing

Aux vues des difficultés avec le concept temporel, il est pertinent de se demander si ces enfants ont de bonnes capacités dans les timings moteur et perceptif. L'hypothèse de base serait que comme l'accès au concept de temps est souvent impossible pour ces enfants, la perception et la production de timing soit également touchée, car ces deux concepts sont étroitement liés.

Zelanik et Goffman (2010) publient une étude sur les capacités motrices et sur le timing moteur chez les enfants ayant un trouble du langage de 6 à 8 ans. Le Bruininks-Oseretsky, pour les capacités motrices, et 4 courtes épreuves pour les capacités en timing moteur (une tâche de tapping du doigt en synchronisation et continuation du métronome, une tâche de tracé de cercles en rythme, et 2 tâches de tapping de la main suite à des stimuli), ont été réalisés. L'étude montre une différence significative entre les sujets ayant un trouble du langage et la population témoin au niveau des capacités motrices. Les enfants ayant un trouble du langage présentent un déficit en motricité fine et en motricité générale. En revanche, aucune différence significative n'est retrouvée en ce qui concerne le timing moteur explicite.

Ainsi, il existerait une forte comorbidité entre trouble moteur et trouble du langage mais les capacités de timing moteur seraient préservées chez les enfants ayant un trouble du langage. Ces résultats tendent à montrer que, malgré la difficulté à comprendre le concept de temps, les enfants ayant un trouble du langage seraient tout de même capables de reproduire une séquence rythmique et donc d'élaborer de bonnes capacités en timing moteur.

On peut émettre cependant 2 critiques majeures à cet article :

- Premièrement, les enfants entre 6 et 8 ans n'ont pas totalement acquis les capacités de timing comme à l'âge adulte, ils sont en cours d'acquisition. La population d'enfants « typiques » est donc peut-être plus variable et moins performante que des enfants ayant acquis totalement cette capacité. Une différence entre les 2 groupes serait peut-être plus significative lorsque les enfants auront (ou devraient avoir) tous acquis les bases nécessaires à la réussite des tâches de timing moteur.
- Deuxièmement, seul le timing explicite moteur a été testé, on peut faire l'hypothèse que d'autres domaines du timing pourraient être impactés par le trouble du langage.

La figure III-2 résume les fonctions du timing qui sont altérées chez les sujets ayant un trouble du langage selon la littérature, dans un tableau que j'ai créé.

		Fonctions altérées chez un sujet avec trouble du langage	Fonctions préservées chez un sujet avec trouble du langage
Timing explicite	Timing moteur		X
	Timing perceptif	?	?
Timing implicite	Timing moteur	?	?
	Timing perceptif	?	?

Figure III-2 : capacité en timing chez les sujets avec un trouble du langage

3- TDA/H et timing

3.1- Définition

Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H) est un trouble neuro-développemental qui se caractérise par une triade symptomatique : impulsivité, inattention et hyperactivité.

Pour le définir, le DSM 5 propose 9 critères d'inattention et 9 critères d'hyperactivité/impulsivité. Il faut que l'enfant possède au moins 6 des 9 critères proposés dans chaque catégorie pour être considéré comme TDA/H. Au niveau clinique, on retrouve une grande hétérogénéité des difficultés, allant d'un trouble attentionnel isolé à une triade symptomatique complète. (Voir annexe 3 pour les critères diagnostiques du DSM-V).

On retrouve une prévalence de 3 à 5 % en France (Haute Autorité de Santé, 2015) pour un sexratio de 4 à 9 garçons pour une fille.

Le TDA/H peut présenter différents troubles entrant dans la triade de troubles caractérisant le trouble psychomoteur (Coutand, 2017) :

- Des troubles perceptivo-moteurs : tels que des déficits d'exploration visuelle et tactile, des niveaux d'habiletés motrices inférieures à celles attendues pour son âge, des difficultés visuo-motrices et des défauts de suppléance sensorielle impactant l'équilibre statique
- Des signes neurologiques doux : syncinésies, mouvements anormaux...
- Des troubles affectifs : difficultés de régulation émotionnelle ou des troubles anxieux.

Le TDA/H étant une pathologie très diversifiée, plusieurs auteurs ont alors décidé de créer des modèles pour essayer de le comprendre et d'expliquer son fonctionnement.

Le premier modèle reconnu est celui de Barkley en 1997 : il propose un déficit des fonctions exécutives comme étiologie du TDA/H.

Sonuga-Barke et al (2010) proposent ensuite un modèle neurocognitif à 2 puis 3 voies. Il explique le trouble par une combinaison de plusieurs déficits : un déficit du contrôle cognitif, un problème d'aversion du délai et un déficit du timing. C'est la première fois que des processus temporels sont au centre d'un modèle explicatif du TDA/H.

De Zeeuw et al (2012) confortent aussi cette hypothèse avec un modèle neurobiologique faisant intervenir 3 circuits neurologiques différents :

- Le circuit dorso-frontal striatal en lien avec un déficit du contrôle cognitif,
- Le circuit fronto-cerebelleux en lien avec un déficit du timing,
- Le circuit ventro-fronto striatal en lien avec un gradient raccourci du délai de récompense.

3.2- Études sur les capacités en timing

Contrairement aux autres troubles des apprentissages, il existe de nombreuses études faisant état des capacités temporelles, et de timing, chez les sujets ayant un TDA/H.

On a vu précédemment que cette problématique temporelle figure même parfois au centre des modèles neurocognitifs explicatifs du TDAH, et est considérée comme une des origines du trouble.

Les études réalisées sur le timing mettent en avant un déficit dans le timing explicite, qui prédomine au niveau perceptif. Le timing implicite, comme pour les autres pathologies est moins documenté car il est plus difficile à évaluer.

Au niveau du timing explicite perceptif, les sujets TDA/H ont une moins bonne discrimination des durées, ils sont moins précis et commettent plus d'erreurs : ils ont tendance à surestimer les durées. Selon Coutand (2017), tout se passe comme si la personne avec un TDA/H avait une notion subjective du temps plus rapide qu'une personne normotypique.

Au niveau du timing explicite moteur, les sujets avec TDA/H présentent une moins bonne précision et une plus grande variabilité des réponses dans les tâches de synchronisation sensorimotrices, que les stimuli soient visuels ou auditifs (voir Noreika & al, 2013 pour revue).

En ce qui concerne le timing implicite, malgré le peu de documentation sur le sujet, il semblerait que le tempo moteur spontané soit plus variable pour un même sujet (il change selon les moments) que ceux des sujets du groupe contrôle. Les timings implicites perceptifs endogènes et exogènes seraient aussi impactés : Rubia et al (2003) parlent d'une plus grande variabilité et une moins bonne précision dans des tâches d'anticipation sensori-motrice et dans des tâches de prédiction sérielle.

L'ensemble des différents timings seraient ainsi déficitaires dans le TDA/H (de façon plus ou moins importante selon les personnes). Ces difficultés sont à associer aux autres troubles cognitifs présents chez le TDA/H, tels que les déficits en mémoire de travail et en attention, qui ont tendance à aggraver la sévérité de l'impact temporel.

La figure III-3 résume dans un tableau les fonctions du timing qui sont altérées chez les sujet TDA/H selon la littérature.

		Fonctions altérées chez un sujet TDA/H	Fonctions préservées chez un sujet TDA/H
Timing explicite	Timing moteur	X	
	Timing perceptif	X	
Timing implicite	Timing moteur	X	
	Timing perceptif	X	

Figure III-3: capacité en timing chez les sujets TDA/H

Conclusion partie 1 :

Nous avons vu dans cette partie les différents types de timing, leur évaluation et leur application dans la vie quotidienne. Ces informations sont réunies dans l'annexe 4 qui est un tableau tiré du mémoire de fin d'étude en psychomotricité d'Émilie Durosoir en 2016.

Nous avons également pu explorer la littérature actuelle concernant les capacités en timing dans les différents troubles des apprentissages que je pouvais retrouver en stage. Il en ressort que la capacité à percevoir et estimer le temps semble centrale pour expliquer certaines pathologies, comme le TDA/H, mais peut aussi être déficitaire dans de nombreux autres troubles neurodéveloppementaux, comme le trouble du langage et le TDC.

Ainsi, les différents domaines du timing entrent en jeu dans un grand nombre de compétences psychomotrices et constituent donc une porte d'accès privilégiée pour la rééducation en psychomotricité.

Les déficits retrouvés pouvant toucher tous les types de timing ou être plus spécifiques à un domaine particulier du timing, il est important de pouvoir les évaluer avec un outil adapté.

J'ai donc créé un test court, pouvant être utilisé dans n'importe quel bilan psychomoteur, évaluant le timing explicite moteur et perceptif. Le but de cette création de test était de pouvoir avoir un test objectif et facilement utilisable, donnant une idée sur les capacités du sujet à se représenter le temps, à l'estimer et à l'utiliser de manière optimale dans sa motricité.

Discussion

Tout d'abord nous allons comparer les résultats trouvés par le test avec les différentes études de la littérature. Pour se faire, nous reprendrons les résultats pathologie par pathologie.

En ce qui concerne le TDC, la littérature faisait état d'un trouble du timing explicite moteur avec des performances en synchronisation à un métronome et continuation plus variables et des résultats moins précis que la norme. Au niveau du timing explicite perceptif, on ne retrouvait pas de différence significative dans les tâches de discrimination temporelle.

Les résultats de mon étude sont sensiblement identiques et conformes à ce qui avait été trouvé dans la littérature. Il est intéressant de voir que, d'après mes résultats, les TDC ne seraient chutés que pour la condition de continuation. Une analyse statistique plus poussée, avec un plus grand nombre de participants, serait donc à réaliser pour vérifier ou non cette tendance. Si cette hypothèse se confirme, cela ouvre le champ à de nouvelles interprétations de la problématique de fonctionnement du TDC. En effet, nous avons vu que le défaut en timing moteur, lié au rythme, était certainement causé par un déficit au niveau des ganglions de la base. Ainsi cela suggère que cette zone serait impactée chez certains TDC. On peut alors supposer que cette possible atteinte entraînerait les déficits en timing et peut-être également certains des troubles moteurs observés.

Cela peut aussi être mis en parallèle avec différentes études actuelles sur le lien entre timing moteur et maladie de Parkinson. On voit que les patients Parkinsoniens ont un déficit dans ce timing moteur explicite, ce qui est lié, chez eux, à ce dysfonctionnement des ganglions de la base (qui est un des signes classiques de cette maladie). Ainsi un mécanisme similaire pourrait être observable chez les TDC.

Ce déficit uniquement en continuation suggère aussi une prise en charge plus spécifique du patient TDC. On peut supposer que les enfants TDC n'internalisent pas le tempo, qu'ils sont pourtant capables de suivre en synchronisation si une écoute leur est proposée. Ainsi sans soutien, il ne se met pas en place de synchronisation à un tempo qui serait interne. Travailler sur cette internalisation du tempo permettrait peut-être à l'enfant TDC d'apprendre de nouveaux mouvements ou de les automatiser, ce qui est très difficile pour lui. De même, on pourrait, comme il est fait chez les patients Parkinsoniens, utiliser un indicage externe, avec un tempo sur lequel l'enfant devrait se synchroniser, pour faciliter l'apprentissage de nouveaux mouvements. Il pourrait aussi être intéressant, dans une prochaine recherche, d'étudier la corrélation entre l'importance du déficit moteur et celle du déficit en timing.

Pour le trouble du langage, la littérature était très pauvre : seule une étude sur le timing explicite moteur avait été réalisée, à ma connaissance. Cette étude ne relevait pas de difficulté dans ce

timing, ce que je retrouve également. On obtient même de meilleurs résultats que la population témoin en timing explicite moteur avec une population très stable.

Cela est étonnant mais peut s'expliquer par les conditions de passation du test à cette population. En effet, le test a été passé avec un matériel un peu différent pour cette population. Le tapping de la synchronisation/continuation s'est fait avec un matériel tactile et non avec une souris classique. Les capteurs étant plus sensibles sur matériel tactile, cela suppose un biais dans l'utilisation de la souris imposant un léger décalage entre la perception et le clic. Ainsi, on peut supposer que le test passé avec un matériel identique pour tous les patients et les enfants de la population témoin, donnerait des résultats comparables entre population témoin et trouble du langage.

Ce qui est aussi important, c'est de voir les résultats pour le timing explicite perceptif. Mon étude fait ressortir un niveau en timing explicite perceptif relativement faible en général avec même des résultats déficitaires en modalité auditive. Au niveau clinique, on voit aussi que ces enfants sont en difficulté dans ces épreuves avec plus de doutes et des réponses qui semblent parfois être données au hasard. De plus, on retrouve des erreurs même dans les discriminations les plus faciles, ce qui montrent un défaut de perception. Ces résultats rejoignent un peu la réflexion de Stambak sur les dyslexies (qui appartient aux troubles du langage dans le DSM5), qui suspectait un déficit de timing perceptif, explicite et implicite. Une poursuite de cette recherche avec plus de patients serait donc intéressante à réaliser pour confirmer ces résultats.

Pour le TDA/H, la littérature rapportait un déficit au niveau du timing explicite moteur et perceptif avec une grande variabilité dans toutes les conditions. Dans mes résultats, je ne retrouve, au niveau de la performance, qu'un déficit dans le timing explicite perceptif en modalité visuelle. Dans les autres domaines du timing testés, les capacités sont dans la norme, ou faibles mais pas déficitaires. Je note aussi la variabilité intra-individuelle, dans la condition de synchronisation/continuation, qui est caractéristique des TDA/H.

Les difficultés retrouvées peuvent être, selon moi, expliquées par deux hypothèses :

- Premièrement, comme le mentionnait Coutand (2017), les TDA/H auraient une moins bonne perception du temps en général et vivraient la temporalité en accélérée.
- Deuxièmement, la problématique d'aversion du délai (Sonuga-Barke et al, 2010) caractéristique du TDA/H, pousseraient ceux-ci à répondre trop vite car ils auraient du

mal à attendre, notamment s'il n'y a pas de bénéfice pour eux à faire la tâche. Avec une source de motivation plus grande, comme un renforcement positif, on trouverait peut-être des résultats différents.

Ces deux explications peuvent coexister et se renforcer l'une l'autre : une mauvaise perception du temps pourrait augmenter l'aversion pour le délai, voire en partie l'expliquer ; et inversement une grande aversion pour le délai, associée à la problématique d'inattention, pourrait empêcher l'enfant de percevoir le temps de manière efficace.

Lors de la passation des tests, j'ai aussi eu l'occasion de me retrouver face à des patients ayant des comorbidités entre les différents troubles que j'ai étudié. Je reviendrai sur les résultats de ces enfants lors de ma présentation à l'oral.

Au niveau du test en lui-même, j'ai eu des retours des différents professionnels l'ayant fait passer. Il en ressort que c'est un test facile à faire passer, assez clair au niveau des consignes et pouvant facilement être intégré à un bilan psychomoteur. Les enfants l'ont généralement trouvé assez ludique et facile à faire. Il faut toutefois noter que c'est un test qui peut demander beaucoup de concentration et donc qui est fatigant pour certains enfants. Ainsi, il serait plus adéquat de le faire passer en début de bilan pour que les enfants puissent mobiliser au mieux leurs capacités au moment de la passation.

Une des grandes limites de ce mémoire est le nombre d'enfants par population cible. Le but était, au départ, d'avoir au moins 10 enfants par population. Je n'ai toutefois pas eu l'occasion de faire passer mon test à plus d'enfants. Cela est principalement dû au fait que je me suis retrouvée, en stage, face à des enfants avec des comorbidités excluant le trouble des apprentissages comme la déficience intellectuelle, l'autisme ou la neurofibromatose. De plus, j'ai fait face à plusieurs désistements tardifs de professionnels avec lesquels j'ai été en contact. Ainsi, le nombre d'enfants correspondant à mes critères dans certaines populations n'a pas été atteint.

On trouve aussi des limites au niveau du test en lui-même. En effet, la validité et la fidélité n'ont pas pu être testées préalablement (notamment la fidélité inter-correcteur) ce qui devra être fait pour la poursuite de l'étude. De plus, le matériel utilisé n'était pas toujours le même selon les psychomotriciens, surtout au niveau de la synchronisation/continuation, ce qui a pu

biaisera légèrement certains résultats. Enfin il est dommageable que seul le timing explicite ait été testé. Une recherche sur le timing implicite et comment rendre son évaluation objective et facilement utilisable serait nécessaire pour compléter mon étude.

Aux vues de ces résultats, il nous faut maintenant réfléchir sur une possible prise en charge de ces troubles du timing en psychomotricité.

Il existe différentes méthodes permettant une prise en charge des processus temporels. Coutand (2017), dans son mémoire de fin d'étude de psychomotricité, décrit différentes méthodes dont la synchronisation motrice, qui est la méthode la plus utilisée par les psychomotriciens de nos jours. Selon elle, ces méthodes de synchronisation sensori-motrice se basent sur différents fondements théoriques comme :

- L'utilisation d'un tempo extérieur, comme stratégie d'apprentissage dynamique, pour permettre l'émergence d'un nouveau pattern moteur,
- L'utilisation d'un tempo optimal à la mise en place d'une coordination motrice qui améliore sa fluidité et sa stabilité,
- L'étude et le renforcement des connexions neuronales entre la perception auditive et le système moteur.

Une des méthodes de synchronisation sensorimotrice présentée est celle du métronome interactif. Cette méthode utilise un métronome avec un programme informatisé. Le protocole se déroule sur une moyenne de 15 sessions d'une heure réparties en 3 ou 4 semaines et vise une amélioration significative de la synchronisation sensorimotrice du patient. Pendant ces séances, le patient doit se synchroniser au stimuli auditif (métronome) ou visuel (flash lumineux) en tapant des mains, du doigt ou du pied. Des capteurs relèvent le tapping du patient et envoient alors un feedback visuel ou auditif indiquant au patient s'il est en avance, en retard ou synchronisé avec le stimuli. Ces feedbacks permettent ainsi aux patients de se réajuster pour être plus précis et améliorent leur capacité de synchronisation sensori-motrice. Cette approche est donc très pertinente dans les défauts de timing liés à un trouble de la motricité car comme on l'a vu, c'est cette capacité de synchronisation sensori-motrice qui est la plus touchée. L'amélioration en tâche de synchronisation serait aussi corrélée à une amélioration de la boucle phonologique (Pereira, 2013) chez des enfants présentant un trouble du langage. Pereira (2013) préconise ainsi une prise en charge psychomotrice basée sur un travail du rythme pour améliorer la lecture et le langage (en parallèle à la prise en charge orthophonique de base). Il a aussi été démontré

que cet entraînement à la synchronisation sensorimotrice est corrélé à une amélioration de l'attention ainsi qu'une diminution des troubles comportementaux chez les enfants TDA/H (Shaffer & al, 2001).

D'autres idées sont en train de voir le jour pour entraîner de manière plus ciblée les capacités en timing. Le jeu Rhythm Workers, conçu à partir de données scientifiques validées expérimentalement en fait partie (Bégel & al, soumis).

L'intérêt de prendre en charge le timing en psychomotricité est de pouvoir améliorer en cascade d'autres domaines de fonctionnement qui y sont étroitement liés. Qu'il s'agisse de l'attention, de la flexibilité mentale, de l'inhibition, de la planification, de l'exécution de mouvements intentionnels, ou encore de la conscience corporelle, de nombreuses études voient le jour et attestent de leur lien avec les processus temporels. Les capacités de timing sont donc progressivement considérées comme des capacités transversales affectant des nombreuses capacités et pouvant jouer un rôle majeur dans la prise en charge en psychomotricité.

Une étude plus spécifique pourrait donc être intéressante à mettre en place pour appréhender cette prise en charge psychomotrice du timing. Il faudrait savoir dans quel cadre il serait pertinent de prendre en charge ces capacités et de quelle manière, et réfléchir sur la spécificité de la prise en charge selon le timing déficitaire. Ainsi on pourrait aussi déterminer avec quel enfant un travail sur le timing est pertinent et avec qui cela est contre-indiqué.

Conclusion :

Depuis quelques années, le timing est au centre de nombreux questionnements de la part des chercheurs et plusieurs études ont vu le jour sur cette notion. Cette étude permet de réactualiser les connaissances sur le timing et d'étayer les théories qui ont été exposées ces dernières années. Nous avons pu, dans ce mémoire, montrer que le timing est une capacité pouvant impacter de nombreux domaines qui intéressent les psychomotriciens.

Nous avons exposé qu'il existait un lien entre le timing et les différents troubles des apprentissages, qui semble être intéressant de prendre en considération lors de la prise en charge psychomotrice de ces troubles. Nous sommes encore au début des recherches dans ce domaine mais nous pouvons déjà dire que la prise en charge des capacités temporelles semble être une porte d'entrée prometteuse pour la rééducation en psychomotricité.

Bibliographie :

Albaret, J. M. (2007). Clinique des troubles du mouvement intentionnels : de la débilité motrice au trouble de l'acquisition de la coordination (TAC). *Thérapie Psychomotrice et Recherches*, 150, 86100.

American Psychiatric Association. (2016). *Mini DSM 5 critères diagnostiques*. Elsevier Masson: Issyles-moulineaux.

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological bulletin*, 121(1), 65.

Bégel, V., Seilles, A., & Dalla Bella, S. (soumis). Study 4: *Rhythm Workers*: A music-based serious game for training rhythm skills. *Music & Science*.

Blank, R. (2012). Information for parents and teachers on the European Academy for Childhood Disability (EACD) recommendations on Developmental Coordination Disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(11), e8-e9.

Chaix, Y., & Albaret, J. M. (2013). Trouble de l'Acquisition de la Coordination et déficits visuo-spatiaux. *Développements*, (2), 32-43.

Coull, J. T., & Nobre, A. C. (2008). Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI. *Current opinion in neurobiology*, 18(2), 137-144.

Coutand, M. (2017). *Timing et psychomotricité*. (Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'état de psychomotricité). Université de Toulouse

Dalla Bella, S., Farrugia, N., Benoit, C. E., Bégel, V., Verga, L., Harding, E., & Kotz, S. A. (2016). BAASTA: Battery for the assessment of auditory sensorimotor and timing abilities. *Behavior Research Methods*, 1-18.

Dalla Bella, S., Pijulet, A., Puyjarinet, F., Tallet, J. (2017) 19^{ème} Journée Toulousaine de Psychomotricité : Temps et rythmes. Toulouse, France.

De Zeeuw, P., Weusten, J., van Dijk, S., van Belle, J., & Durston, S. (2012). Deficits in cognitive control, timing and reward sensitivity appear to be dissociable in ADHD. *PloS one*, 7(12), e51416.

Droit-Volet, S. (2000). L'estimation du temps : perspective développementale. *L'année psychologique*, 100(3), 443–464. <http://doi.org/10.3406/psy.2000.28653>

Droit-Volet, S. (2013). Time perception in children: A neurodevelopmental approach. *Neuropsychologia*, 52(2), 220-234.

Durosoir, E. (2016). *Le timing dans le Trouble déficit de l'Attention/ Hyperactivité (TDA/H) : étude de faisabilité d'une évaluation des fonctions temporelles chez deux enfants TDA/H selon le modèle de Coull et Nobre (2008)* (Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'état de psychomotricité) Université de Toulouse.

Duriau B. (2002). La méthode Marthe Vyl. *Evolutions psychomotrices*, 14(58), 206–213.

Guichard Piechowiak, A. (2000). *Rythme et motricité : essai de rééducation d'un trouble des coordinations par le rythme*. (Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'état de psychomotricité) Université de Toulouse

Lussier, F., & Flessas, J. (2009). *Neuropsychologie de l'enfant : troubles développementaux et de l'apprentissage*. Paris: Dunod

Noreika, V., Falter, C. M., & Rubia, K. (2013). Timing deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): evidence from neurocognitive and neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, 51(2), 235-266

Pereira, D. (2013). *Langage et psychomotricité : quelle est la relation structurelle et la lecture ?* (Mémoire de M2R Linguistique Générale et Appliquée Fonctionnements Linguistiques et Dysfonctionnements langagiers,) Université de Paris Ouest

Pouthas, V. (1995). Développement de la perception du temps et des régulations temporelles de l'action chez le nourrisson et l'enfant. *Naissance et Développement du Sens Musical*, PUF, 133-163.

Rosenblum, S., & Regev, N. (2013). Timing abilities among children with developmental coordination disorders (DCD) in comparison to children with typical development. *Research in developmental disabilities*, 34(1), 218-227.

Rubia, K., Noorloos, J., Smith, A., Gunning, B., & Sergeant, J. (2003). Motor timing deficits in community and clinical boys with hyperactive behavior: the effect of methylphenidate on motor timing.

Journal of abnormal child psychology, 31(3), 301-313.

Shaffer, R. J., Jacokes, L. E., Cassily, J. F., Greenspan, S. I., Tuchman, R. F., & Stemmer, P. J. (2001). Effect of Interactive Metronome® training on children with ADHD. *American Journal of Occupational Therapy*, 55(2), 155-162.

Sommer, M. (2014). *Effect of timing training in golf and soccer players: skill, movement organization, and brain activity* (Doctoral dissertation, Umeå Universitet).

Sonuga-Barke, E., Bitsakou, P., & Thompson, M. (2010). Beyond the dual pathway model: evidence for the dissociation of timing, inhibitory, and delay-related impairments in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 49(4), 345-355.

Stambak, M. (1951). Le problème du rythme dans le développement de l'enfant et dans les dyslexies d'évolution. *Enfance*, 4(5), 480-502.

Stambak, M. (1960). Trois épreuves de rythme, in manuel pour l'examen psychologique de l'enfant. *Delachaux et Niestlé Neuchâtel*, 3

Wilson, P. H., Ruddock, S., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., & Blank, R. (2013). Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta-analysis of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(3), 217-228.

Zelaznik, H. N., & Goffman, L. (2010). Generalized motor abilities and timing behavior in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(2), 383-393.

Annexes

Annexe 1 : critères diagnostiques du DSM-5 (2013) pour le Trouble développemental de la coordination

A. L'acquisition et l'exécution de bonnes compétences de coordination motrice sont nettement inférieures au niveau escompté pour l'âge chronologique du sujet compte tenu des opportunités d'apprendre et d'utiliser ces compétences. Les difficultés se traduisent par de la maladresse (p.ex. Laisser échapper ou heurter des objets), ainsi que de la lenteur et de l'imprécision dans la réalisation de tâches motrices (p. ex. attraper un objet, utiliser des ciseaux ou des couverts, écrire à la main, faire du vélo ou participer à des sports).

B. Les déficiences des compétences motrices du critère A interfèrent de façon significative et persistante avec les activités de la vie quotidienne correspondant à l'âge chronologique (p. ex. soins et l'hygiène personnelle) et ont un impact sur les performances universitaires/scolaires, les activités préprofessionnelles et professionnelles, les loisirs et les jeux

D. Le début des symptômes date de la période développementale précoce.

E. Les déficiences des compétences motrices ne sont pas mieux expliquées par un handicap intellectuel (trouble du développement intellectuel) ou une déficience visuelle et ne sont pas dû à affection neurologique motrice (p. ex. paralysie cérébrale, dystrophie musculaire, trouble dégénératif)

Annexe 2: critères diagnostiques du DSM-5 (2013) pour le trouble du langage

A. Difficultés persistantes d'acquisition et d'utilisation du langage dans ses différentes modalités (c.-à-d. Langage parlé, écrit, langage des signes ou autre forme) dues à un manque de compréhension ou de production incluant les éléments suivants : 1) vocabulaire restreint (connaissance et utilisation des mots)

2) carence de structuration de phrases (capacité d'assembler des mots et de les accorder afin de former des phrases selon les règles grammaticales et morphologiques)

3) déficience du discours (capacités d'utiliser le vocabulaire et d'associer des phrases pour exprimer ou décrire un sujet ou une série d'évènements, ou pour tenir une conversation).

- B.** Les capacités de langage sont, de façon marquée et quantifiable, inférieurs au niveau escompté pour l'âge du sujet. Il en résulte des limitations fonctionnelles de la communication efficaces, de la participation sociale, des résultats scolaires, du rendement professionnel, soit de manière isolée, soit dans n'importe quelle combinaison.
- C.** Les symptômes débutent dans la période précoce du développement
- D.** Les difficultés ne sont pas imputables à un déficit auditif ou à d'autres déficiences sensorielles, à un déficit moteur cérébral ou à une autre affection neurologique ou médicale, et elles ne sont pas mieux expliquées par un handicap intellectuel (trouble du développement intellectuel) ou par un retard global de développement.

Annexe 3: critères diagnostiques du DSM-5 (2013) pour le Trouble déficitaire de l'attention avec/sans hyperactivité

A. Un mode persistant d'inattention et/ou d'hyperactivité-impulsivité qui interfère avec le fonctionnement ou le développement, et caractérisé par (1) et/ou (2) :

1) **Inattention** : Six (ou plus) des symptômes suivants ont persisté pendant au moins 6 mois, à un degré qui ne correspond pas au niveau de développement et qui a directement des conséquences négatives sur les activités sociales et académiques/professionnelles :

Remarque : les symptômes ne sont pas seulement la manifestation d'un comportement d'opposition, d'une déficience, hostilité, ou de l'incompréhension de tâches ou d'instructions. Pour les grands adolescents et les adultes (âgés de 17 ans et plus), au moins 5 symptômes sont exigés.

- a) Souvent ne parvient pas à prêter attention aux détails ou fait des fautes d'étourderie dans les devoirs scolaires, le travail ou d'autres activités (ex : néglige ou oublie des détails, le travail n'est pas précis).
- b) A souvent du mal à soutenir son attention au travail ou dans les jeux (Ex : a du mal à rester concentré durant un cours, une conversation, la lecture d'un texte long).
- c) Semble souvent ne pas écouter quand on lui parle personnellement (ex : leur esprit paraît ailleurs, même en l'absence d'une distraction manifeste).
- d) Souvent, ne se conforme pas aux consignes et ne parvient pas à mener à terme ses devoirs scolaires, ses tâches domestiques ou ses obligations professionnelles (ex : commence le travail mais perd vite le fil et est facilement distrait).

- e) A souvent du mal à organiser ses travaux ou ses activités (ex : difficultés à gérer des tâches séquentielles ; difficultés à conserver ses outils et ses affaires personnelles en ordre ; complique et désorganise le travail ; gère mal le temps ; ne respecte pas les délais fixés).
- f) Souvent évite, a en aversion, ou fait à contre cœur les tâches qui nécessitent un effort mental soutenu (ex : le travail scolaire ou les devoirs à la maison ; pour les adolescents et les adultes, préparation de rapports, formulaires à remplir, revoir un long article).
- g) Perd souvent les objets nécessaires à son travail ou à ses activités (matériel scolaire, crayons, livres, outils, portefeuille, clés, papiers, lunettes, téléphone mobile).
- h) Souvent se laisse facilement distraire par des stimuli externes (pour les adolescents et les adultes, cela peut inclure passer du « coq à l'âne »).
- i) A des oublis fréquents dans la vie quotidienne (ex : faire les corvées, les courses ; pour les adolescents et les adultes, répondre à ses appels, payer ses factures, respecter ses rendez-vous).
- 2) **Hyperactivité et impulsivité** : Six (ou plus) des symptômes suivants ont persisté pendant au moins 6 mois, à un degré qui ne correspond pas au niveau de développement et qui a un retentissement négatif direct sur les activités sociales et académiques/professionnelles :
- Remarque** : les symptômes ne sont pas seulement la manifestation d'un comportement d'opposition, d'une déficience, hostilité, ou de l'incompréhension de tâches ou d'instructions. Pour les grands adolescents et les adultes (âgés de 17 ans et plus), au moins 5 symptômes sont exigés.
- a) Remue souvent les mains ou les pieds ou se tortille sur son siège.
- b) Se lève souvent en classe ou dans d'autres situations où il est supposé rester assis (ex : se lève de sa place en classe, au bureau ou à son travail, ou dans d'autres situation qui nécessitent de rester assis).
- c) Souvent, court ou grimpe partout, dans les situations où cela est inapproprié (remarque : chez les adolescents ou les adultes, cela peut se limiter à un sentiment d'agitation).
- d) A souvent du mal à se tenir tranquille dans les jeux ou les activités de loisir.
- e) Est souvent "sur la brèche" ou agit souvent comme s'il était "monté sur ressorts" (ex : incapable ou inconfortable de se tenir immobile pendant un long moment, comme dans les restaurants, les réunions ; peut être perçu par les autres comme agité, ou comme difficile à suivre).
- f) Souvent, parle trop.
- g) Laisse souvent échapper la réponse à une question qui n'est pas encore entièrement posée (ex : termine la phrase de leur interlocuteur ; ne peut attendre son tour dans une conversation).
- h) A souvent du mal à attendre son tour (ex : lorsque l'on fait la queue)

i) Interrompt souvent les autres ou impose sa présence (ex : fait irruption dans les conversations, les jeux ou les activités ; peut commencer à utiliser les biens d'autrui, sans demander ou recevoir leur autorisation ; pour les adolescents et les adultes, peut s'immiscer ou s'imposer et reprendre ce que d'autres font).

B. Plusieurs des symptômes d'hyperactivité/impulsivité ou d'inattention étaient présents avant l'âge de 12 ans.

C. Plusieurs symptômes d'inattention ou d'hyperactivité/impulsivité sont présents dans au moins deux contextes différents (ex : à la maison, l'école, ou le travail ; avec des amis ou des relations ; dans d'autres activités).

D. On doit clairement mettre en évidence que les symptômes interfèrent avec ou réduisent la qualité de fonctionnement social, scolaire ou professionnel.

E. Les symptômes ne surviennent pas exclusivement au cours d'une schizophrénie ou d'un autre trouble psychotique, et ils ne sont pas mieux expliqués par un autre trouble mental (trouble thymique, trouble anxieux, trouble dissociatif, trouble de la personnalité, intoxication par une prise de substance ou son arrêt).

Annexe 4 Tableau récapitulatif des différents types de timing et leur application dans la vie quotidienne (Durosoir, 2016)

	TIMING EXPLICITE		TIMING IMPLICITE		
	Timing moteur	Timing perceptif	Timing émergent	Prédiction temporelle	
				Exogène	Endogène
Définition	Capacité à estimer une durée ou un intervalle de temps par une action motrice	Capacité à estimer une durée ou un intervalle de temps par une action perceptive	Régularité temporelle retrouvée dans l'action, le mouvement.	Anticiper à partir de la dynamique du stimulus lui-même, sans que cela soit explicité	Anticiper volontairement, à partir d'informations pré-repérées
Objectif	Réaliser une action à but temporel, c'est-à-dire qui requiert explicitement une évaluation précise du temps		Optimiser la réponse comportementale d'une action pouvant être motrice ou perceptive, à partir d'une utilisation non formelle des informations temporelles issues de l'environnement		
Exemple	Réaliser des pas de danse, l'objectif étant de se synchroniser avec la musique	Estimer le temps qu'il faut pour réaliser une activité	Marcher, dessiner un cercle de façon continue	Attraper un ballon au vol	Démarrer son action à la fin du compte à rebours
Tâches dans le cadre d'une évaluation des différents aspects du timing	Tâche à but temporel		Tâche à but non temporel		
	Reproduction de durée et synchronisation motrice (= reproduction d'intervalle de temps)	Discrimination temporelle	Tempo moteur spontané	Trajectoire spatio-temporelle	Prédiction indicée et prédiction sérielle

Résumé :

Les capacités en timing sont au cœur de nombreuses recherches depuis quelques années. Les chercheurs s'intéressent notamment aux liens qui existent entre ces capacités et divers troubles psychomoteurs. Ce mémoire propose une étude du lien entre le timing et certains des troubles des apprentissages que l'on retrouve fréquemment en séance de psychomotricité : le TDC, le TDA/H et le trouble du langage sur son versant développemental. J'ai donc créé un test, utilisable facilement pour le psychomotricien, évaluant le timing explicite, qu'il soit moteur ou perceptif, et je l'ai proposé à des enfants dits typiques ainsi que des enfants ayant un trouble des apprentissages. Cette étude expose ainsi la comparaison des résultats des enfants typique et pathologiques afin dégager un profil des capacités en timing par pathologie.

Mots clefs : timing, TDA/H, TDC, trouble du langage, évaluation

Summary :

Timing skills have been at the heart of many researches for the past few years. Researchers are particularly interested by the link between these abilities and psychomotor disorders. This thesis proposes a study of the link between timing and some of the learning disorders commonly found: DCD, AD/HD and SLI. I created a test, easily usable for the occupational therapist, assessing the explicit timing (motor and perceptive) and I administrated it to children with these diseases. This study presents the results of these children and compare them to a control population to obtain a profile of the timing abilities by disease.

Key words: timing, AD/HD, DCD, SLI, testing

