



## Déficits temporels et rythmiques dans le TDA/H

F. Puyjarinet\*, V. Bégel\*<sup>\*\*\*</sup>, S. Dalla Bella\*<sup>\*\*\*\*-\*\*\*\*</sup>

\* Laboratoire Euromov, EA-2991, Université de Montpellier, 700 Avenue du Pic Saint-Loup – 34090 Montpellier

\*\* NaturalPad, SAS, 700 Avenue du Pic Saint-Loup – 34090 Montpellier

\*\*\* Institut Universitaire de France, 1 Rue Descartes – 75231 Paris

\*\*\*\* International Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), 1430 Boulevard du Mont-Royal, Montreal, QC H2V 2J2, Canada

### RÉSUMÉ

Au-delà des trois symptômes cardinaux qui le constituent (inattention, impulsivité et hyperactivité), le TDA/H est aussi connu pour englober un éventail de déficits s'étalant de la sphère perceptuelle à la sphère sociale, en passant par les processus cognitifs, émotionnels ou moteurs. Un autre domaine de fonctionnement qui agite particulièrement la communauté scientifique depuis les années 1990 est celui du traitement de l'information temporelle et des processus rythmiques. De nombreuses études ont participé à la mise en évidence chez l'enfant agité et distrait de déficits dans les différentes dimensions du timing : timing perceptif, moteur et sensorimoteur. Néanmoins, il n'existe pas d'outil clinique qui soit disponible pour évaluer précisément les capacités rythmiques.

Nous présenterons ici rapidement (1) les déficits du timing basé sur les durées et basé sur le rythme observés dans le TDA/H, (2) la place de ces processus dans les modèles théoriques, et (3) l'intérêt d'un nouvel outil d'évaluation, la BAASTA, dont les perspectives cliniques semblent prometteuses.

### MOTS-CLÉS

TDA/H, rythme, processus temporels, timing, psychomotricité

### Introduction

Les capacités de traitement des informations temporelles sont fondamentales chez l'être humain. Elles jouent un rôle crucial dans nos prises de décision, nos comportements, dans les activités motrices ou dans des situations sociales<sup>[1,2]</sup>. Nous sommes confrontés de manière incessante à des événements dont la caractéristique est d'être temporellement organisés et face auxquels nous avons à nous adapter. Par exemple, le fait d'être capable d'estimer correctement le temps dont je dispose pour pouvoir traverser une rue peut se révéler vital. Agir dans le bon timing sera également important dans des situations où le traitement du rythme est impliqué. Ces situations

sont aussi diverses que discuter avec un interlocuteur, danser, jouer d'un instrument de musique, etc. Enfin, sur une échelle de temps plus grande, être capable de s'organiser à moyen ou long terme, être en mesure de planifier ses actes et évaluer les conséquences ultérieures d'un choix présent sont des situations particulièrement fréquentes de la vie quotidienne.

Lorsqu'elles reposent sur la modalité auditive, ces capacités de traitement des informations temporelles et la façon dont on s'y ajuste sont globalement efficaces en population générale<sup>[3-5]</sup> mais cette affirmation ne s'applique pas à de nombreuses conditions pathologiques, telles que l'autisme<sup>[6]</sup>, la dyslexie<sup>[7]</sup>, la maladie de Parkinson<sup>[8]</sup> ou certaines formes d'ataxie<sup>[9]</sup>. Les capacités de traitement temporel sont la plupart du temps évaluées à la faveur de paradigmes expérimentaux qui privilégient la modalité auditive, du fait de sa plus grande sensibilité par rapport à la modalité visuelle notamment<sup>[10]</sup>.

### TDA/H et déficits de timing

Dans plusieurs syndromes, il est admis que le timing basé sur les durées uniques ou sur le rythme peuvent être déficitaires. Les deux formes de timing sont à distinguer (*i.e.*, traitement des durées *versus* traitement du rythme), car plusieurs études vont dans le sens d'une dichotomie et ont montré que les capacités peuvent être préservées dans un domaine et altérées dans l'autre. Le timing basé sur les durées est à la base des jugements temporels tels que discriminer la durée de deux stimuli auditifs, estimer le temps dont on dispose pour achever une activité, etc. Le timing basé sur le rythme sera, lui, impliqué dans le traitement des informations périodiques telles que le débit de la parole, le tempo d'un morceau de musique, etc. Dans les deux cas, un versant perceptif et un versant moteur sont également à dissocier.

Dans le Trouble du Déficit de l'Attention (TDA/H), les déficits de timing ont été abondamment étudiés (pour une revue, voir<sup>[11]</sup>). Il ressort de l'ensemble des travaux disponibles qu'au-delà des manifestations pathologiques qui le caractérisent (*i.e.*, inattention, impulsivité, hyperactivité<sup>[12]</sup>), le TDA/H est à l'origine d'altérations significatives du timing basé sur les durées<sup>[11]</sup>, mais aussi du timing basé sur le rythme<sup>[13]</sup>.

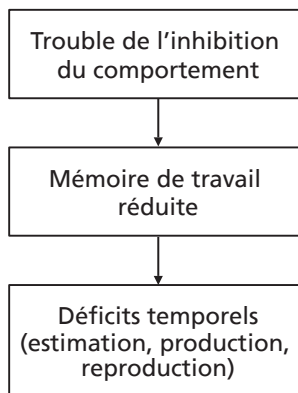
## ■ Psychomotricité

Tout comme cela est régulièrement observé dans d'autres domaines cognitifs ou moteurs relatifs au TDAH, une grande hétérogénéité inter- et intra-individuelle des performances de timing est de mise<sup>[11,13,14]</sup>. Sur un plan clinique, il apparaît donc pertinent d'appréhender les différents processus de timing comme des dimensions étroitement liées au profil particulier de chaque individu, dans lequel certaines dimensions peuvent être altérées et d'autres préservées.

### Place du timing dans les modèles théoriques du TDAH

Pour Barkley<sup>[15]</sup>, le TDAH est d'abord et avant tout un trouble de l'inhibition du comportement. D'après son modèle, le trouble primaire de l'inhibition a des répercussions sur quatre fonctions exécutives : la mémoire de travail non verbale, l'internalisation du langage, l'autorégulation de la motivation et de l'éveil, et la reconstitution des informations. Ultimement, l'altération de ces quatre fonctions exécutives impacterait la qualité du contrôle moteur. La place dévolue au timing dans ce modèle théorique princeps du TDAH découle au départ du trouble de l'inhibition du comportement : ce serait les dysfonctionnements de la mémoire de travail (eux-mêmes consécutifs au trouble de l'inhibition comportementale) qui impacteraient à leur tour le traitement des informations temporelles. Pour Barkley, les personnes souffrant de TDAH ne peuvent donc pas estimer et produire correctement les durées à cause d'une mémoire de travail réduite (Figure 1).

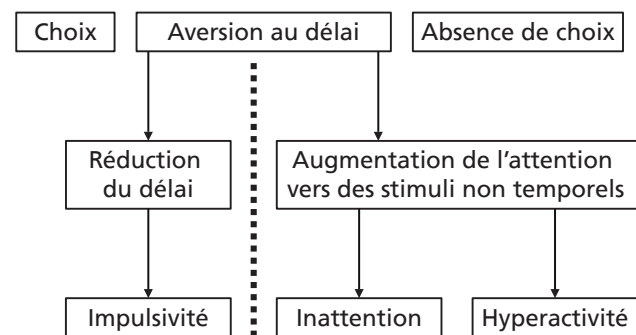
Figure 1 – Liens entre trouble de l'inhibition du comportement et déficits temporels dans le modèle de Barkley (1997). Les déficits temporels sont la conséquence directe des dysfonctionnements de la mémoire de travail.



Ce modèle a le mérite de placer la question des déficits temporels au sein des dysfonctionnements neuropsychologiques du TDAH. Néanmoins, une de ses faiblesses réside dans l'absence de corrélation retrouvée entre la mémoire de travail et les troubles temporels dans plusieurs études qui ont cherché à en tester la validité<sup>[11]</sup>. Il semble donc que les déficits temporels ne soient pas *toujours* la conséquence directe d'une altération de la mémoire de travail dans le TDAH comme le postule le modèle de Barkley.

Sonuga-Barke<sup>[16]</sup> a par la suite proposé un modèle théorique à deux voies pour rendre compte des manifestations comportementales du TDAH. Ce modèle remet en cause celui de Barkley dans la mesure où les manifestations symptomatiques ne sont pas uniquement la conséquence d'un déficit primaire de l'inhibition du comportement, ce qui a par la suite été confirmé par différents travaux (par ex. [17]). D'après ce modèle, un des trois piliers symptomatiques, l'impulsivité, est la conséquence d'une volonté de réduire au maximum le délai entre le début et la fin d'une situation à laquelle le sujet est exposé, et dans laquelle il peut maîtriser lui-même le facteur temporel (par ex., exécuter une tâche sans contraintes de temps). À l'inverse, dans des situations où il n'a aucune emprise sur le facteur temporel (par ex., lorsque le milieu impose une contrainte temporelle), le sujet TDAH cherchera à mettre en place des comportements incompatibles avec le fait de se confronter au passage du temps : inattention, agitation motrice, les deux autres piliers symptomatiques. Dans ce modèle, les déficits des processus de timing basés sur les durées sont donc intimement intégrés au concept d'aversion au délai et sont réellement centraux pour rendre compte de la triade symptomatique (Figure 2).

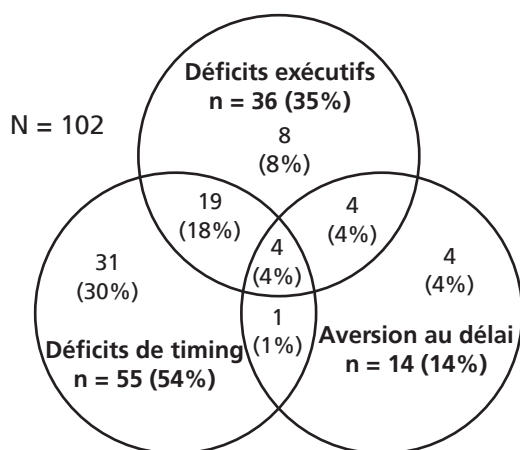
Figure 2 – Modèle de l'aversion au délai dans le TDAH (Sonuga-Barke, 2002). L'impulsivité se manifeste prioritairement dans les situations sans contrainte temporelle. L'inattention et l'hyperactivité s'actualisent plutôt dans les situations avec contraintes temporelles.



Un des aspects fondamentaux qui émane des études récentes réside dans le fait que de nombreux sujets TDAH ne présentent ni de déficit exécutif /cognitif, ni d'aversion au délai, mais uniquement des déficits de timing tels qu'évalués par des tâches de *tapping* ou de discrimination de durée. Cela signifie que dans le TDAH, les déficits de timing sont partiellement indépendants d'autres instances cognitives. Cet état de fait justifiera notamment leur évaluation spécifique, et le fait de les considérer comme un domaine de fonctionnement à part entière, susceptible d'être la cible de différentes techniques thérapeutiques. Des auteurs ont donc naturellement enrichi le modèle théorique à deux voies proposé initialement par Sonug-Barke<sup>[18-20]</sup>. Dans cette nouvelle conception du TDAH, les patients avec altérations de la sphère du timing constituent

un sous-groupe, dans lequel les désordres temporels représentent les dysfonctionnements principaux, voire uniques sur le plan neuropsychologique (Figure 3). Il résulte de cette conception du TDA/H la formulation d'hypothèses relatives à l'implication de différents circuits cérébraux spécifiquement altérés en fonction du type de déficits observés : (i) une voie fronto-striatale dorsale pour les déficits cognitifs de type inattention ou mémoire de travail réduite ; (ii) une voie fronto-striatale ventrale pour les altérations des comportements liés au circuit de la récompense et à la capacité à attendre ; (iii) une voie fronto-cérébelleuse pour ce qui relève des désordres temporels<sup>[18,20]</sup>.

**Figure 3 – Conception actuelle du TDA/H établie à partir de différentes études qui mettent en évidence l'existence de trois profils neuropsychologiques partiellement indépendants (ici, d'après Sjöwall et al., 2013).**



### Évaluer les processus rythmiques dans le TDA/H : intérêts de la BAASTA

Nous avons vu que, quels que soient les modèles théoriques du TDA/H qui ont été proposés au cours du temps, les déficits de timing basé sur les durées occupent une place importante, surtout dans les modèles les plus récents. Il existe quelques outils visant l'évaluation de cette dimension du timing, hors évaluation du temps notionnel<sup>[21]</sup>. La plupart de ces outils permettent d'évaluer indirectement le traitement des durées par l'intermédiaire des fonctions exécutives<sup>[22]</sup>. D'autres tests

<sup>1</sup> Le temps notionnel renvoie à la compréhension et à la manipulation langagière des concepts temporels. Connaître les heures, les saisons, les mois, les années, etc. relève de cette dimension de la temporalité. Le temps notionnel est à différencier des capacités de timing compte tenu que ces dernières peuvent être étudiées et se manifester dans un cadre extérieur aux fonctions langagières. On pourrait justifier simplement la dichotomie en avançant que le temps notionnel est un temps pensé, alors que les capacités de timing se réfèrent à un temps perçu et/ou agi.

plus rares contribuent à l'évaluation du timing basé sur le rythme. Certains sont connus des psychomotriciens depuis longtemps, comme le test plutôt ancien de Stambak<sup>[23]</sup>, réévalué plus récemment<sup>[24]</sup>, qui permet d'évaluer le tempo moteur spontané et les capacités de reproduction de structures rythmiques. Le bilan mis au point par Vyl<sup>[25]</sup> basé principalement sur des stimuli musicaux permet quant à lui l'évaluation du tempo spontané et des capacités de synchronisation. Les principales limites de ces outils sont de deux ordres : d'une part, ils ne permettent pas d'évaluer un large éventail des capacités de timing et, d'autre part, l'évaluation du niveau de performance des participants restent largement assujettie à l'appréciation (forcément subjective) de l'examineur. Il restait donc à concevoir un outil dont l'ambition est de mesurer *précisément* et *objectivement* les performances de timing, facile à utiliser à terme par les cliniciens, et dont la durée de passation lui permet d'être intégré à un bilan psychomoteur complet.

La *Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities* – BAASTA<sup>[26]</sup> – a été mise au point au départ pour tester expérimentalement les capacités de timing, particulièrement les capacités rythmiques, en population générale adulte<sup>[27]</sup>. Elle est sensible aux troubles rythmiques dans différentes pathologies (par ex., patients avec surdité au rythme<sup>[28]</sup>, bégaiement<sup>[29]</sup>, maladie de Parkinson<sup>[30]</sup>). Elle repose sur un ensemble de tâches recouvrant les dimensions perceptive, motrice et sensorimotrice, et est actuellement implémentée sur tablette tactile<sup>[31]</sup>.

### Description succincte des tâches

#### Partie perceptive

**Discrimination de durée** : deux sons (bips) sont présentés successivement. Le premier dure 600 ms, le second est compris entre 600 et 1 000 ms. Le participant doit indiquer si les deux sons ont la même durée ou si le second est plus long que le premier.

**Détection d'anisochronie avec métronome** : ici, le but est de tester la capacité du participant à percevoir un changement de rythme dans une séquence de sons régulière. Lorsque la séquence est isochrone, tous les sons sont séparés de 600, 450 ou 750 ms (Intervalle Inter Stimuli, IIS = 600, 450 ou 750 ms). Lorsqu'il existe une anisochronie, le quatrième son survient plus tôt (décalage jusqu'à 30 % de l'IIS). Le sujet doit indiquer si la séquence est régulière ou pas.

**Détection d'anisochronie avec musique** : cette tâche est similaire à la précédente, mais des stimuli musicaux remplacent les bips. Les séquences peuvent être isochrones ou non (avec possible décalage local du rythme). Le sujet doit juger si celles-ci sont régulières ou pas. Dans ces trois tâches perceptives (i.e., discrimination de durée et détection d'anisochronie avec métronome et musique), une procédure adaptative a été intégrée de façon à proposer au participant une évolution du degré de difficulté en fonction des réponses qu'il fournit.

**Beat Alignment Test (BAT)** : Ici, quatre séquences musicales régulières sont présentées successivement. Deux sont extraites

## ■ Psychomotricité

des « Badineries » de Bach, deux autres de l'ouverture de l'opéra « Guillaume Tell » de Rossini. Après quelques notes, une séquence isochrone non musicale (*i.e.*, avec des sons) est superposée à la musique dans deux conditions : alignée à la pulsation de la séquence musicale (sur la noire) ou non alignée, avec un décalage de plus ou moins 33 % (décalage de phase) ou un décalage de plus ou moins 10 % de la durée d'une noire (décalage de période). Trois tempi sont présentés : 600, 450 et 750 ms d'intervalle entre les pulsations à la noire. Le sujet doit estimer si le rythme du triangle est aligné ou non au rythme de la musique. Cette tâche met en jeu les capacités perceptives dans un contexte rythmique complexe.

### Partie motrice

**Tapping spontané** (sans stimulus externe) : dans la première condition, le sujet génère spontanément un rythme régulier en frappant durant 60 secondes sur la zone dédiée à l'enregistrement des frappes digitales sur la tablette tactile. Dans une seconde puis une troisième condition, le sujet doit frapper respectivement le plus rapidement possible (pendant 30 secondes) puis le plus lentement possible (pendant 60 secondes).

### Partie sensorimotrice

**Synchronisation à un métronome** : le participant a pour consigne de se synchroniser à une séquence isochrone (60 sons, IIS = 600, 450 ou 750 ms).

**Synchronisation à une musique** : le participant est invité à se synchroniser au rythme de la musique (64 noires par extrait, trois tempi : 450, 600 et 750 ms).

**Synchronisation-continuation** : dans ce paradigme classique, le sujet doit taper d'abord en correspondance avec dix stimuli auditifs (notes de piano isochrones) présentés sur l'un des trois tempi : 600, 450 ou 750 ms. Cette étape constitue la phase de synchronisation. Dans un second temps (phase de continuation), après le dernier son entendu, le participant doit continuer à frapper avec son index au même rythme que la série de sons présentés pendant la phase de synchronisation.

**Tapping adaptatif** : ici, il est question de tester la capacité du sujet à s'adapter à un tempo changeant (décalage de phase). Cette tâche est une variante de la tâche précédente. Des séquences de dix sons sont présentées. Les six premiers sons sont séparés de 600 ms (IIS = 600 ms), et les quatre derniers sons peuvent être présentés soit avec le même IIS, soit être présentés à un tempo plus lent (IIS = 630 ou 670 ms), soit à un tempo plus rapide (IIS = 570 ou 525 ms). Le sujet doit se synchroniser avec les six premiers sons et continuer à taper au nouveau tempo (s'il y a eu changement de tempo) ou garder le même rythme (s'il n'y a pas eu de changement) après la présentation du dernier son. À la fin de chaque item, il est demandé au participant de dire s'il a perçu un changement de tempo, (accélération ou décélération) ou aucun changement dans la séquence.

Sur les tâches motrice et sensorimotrices, les frappes digitales sont réalisées avec l'index de la main dominante.

Les domaines de timing évalués, les tâches, les mesures comportementales s'y rapportant et la durée de chacune des épreuves sont résumés dans le tableau I.

Tableau I – Description rapide de la BAASTA. Pour plus de détails, voir [26].

| Domaine de timing | Type de tâche                           | Mesure comportementale  | Durée (en mn) |
|-------------------|---|---|---------------|
| Perceptif         | Discrimination de durée                 | Seuil de discrimination de durée  | 4             |
|                   | Détection d'anisochronie avec métronome | Seuil de détection d'anisochronie   | 6             |
|                   | Détection d'anisochronie avec musique   |   | 6             |
|                   | <i>Beat Alignment Test</i> (BAT)        | Performance de détection de rythmes non alignés   | 20            |
| Moteur            | <i>Tapping</i> spontané                 | Fréquence et variabilité des frappes  | 1             |
| Sensorimoteur     | Synchronisation à un métronome          | Précision et variabilité de la synchronisation  | 4             |
|                   | Synchronisation à une musique           |   | 4             |
|                   | Synchronisation-continuation            | Précision et variabilité du <i>tapping</i> dans la phase de continuation  | 6             |
|                   | <i>Tapping</i> adaptatif                | Mesures de l'adaptation des performances de <i>tapping</i> et de la précision de détection du changement de tempo | 20            |
| Total             |   |   | ~ 70          |

Toutes les tâches ne sont pas forcément à administrer chez un même sujet, chacune d'entre elles évaluant une dimension

spécifique du timing. Certaines paraissent plus pertinentes que d'autres à proposer dans le cadre du TDA/H, comme nous allons le voir plus bas.



### BAASTA et TDA/H : résultats dans une population développementale et adulte

Nous avons mené une étude auprès de 55 enfants (moyenne d'âge : 9 ans ; TDA/H : n = 22 ; TDA/H + TDC<sup>2</sup> : n = 19 ; sujets contrôles : n = 14) et de 39 adultes (moyenne d'âge : 31,7 ; TDA/H : n = 21 ; sujets contrôles : n = 18) qui visait l'évaluation des capacités de timing à l'aide de la BAASTA<sup>[13]</sup>. Les tâches de la BAASTA qui ont été administrées étaient : discrimination de durée, détection d'anisochronie avec métronome et musique (ces trois tâches proposées uniquement pour les enfants), BAT, *tapping* spontané, synchronisation à un métronome et à une musique, et *tapping* adaptatif (cette tâche uniquement pour les adultes, données en cours de traitement).

Les résultats ont montré des déficits dans les tâches de discrimination de durée, de détection d'anisochronie avec musique, et sur la BAT. Ces résultats répliquent ceux d'études antérieures pour la discrimination de durée<sup>[11]</sup> et montrent pour la première fois un déficit spécifique sur les tâches musicales (*i.e.*, trouble de l'extraction du rythme en contexte musical). Le pattern de réponse est similaire pour les adultes TDA/H, ce qui signe une persistance du déficit de l'extraction du rythme avec l'avancée en âge.

Le timing moteur est également altéré, puisque les enfants et les adultes TDA/H manifestent une plus grande variabilité que les sujets sains sur la tâche de *tapping* spontané. Le TDC semble aggraver la variabilité des enfants TDA/H.

Enfin, sur les tâches de synchronisation, les sujets TDA/H, qu'ils soient enfants ou adultes, sont déficitaires lorsqu'il s'agit de se synchroniser avec un métronome. Cette difficulté à se synchroniser devient plus importante encore en contexte musical, ce qui signifie, comme sur les tâches perceptives, qu'un déficit d'extraction du rythme se manifeste de façon plus marquée avec de la musique.

En résumé, la BAASTA a donc permis de discriminer les sujets TDA/H des sujets sains dans différentes dimensions temporelles. Des déficits de timing perceptif, moteur et sensorimoteur sont mis en évidence, dont l'un d'entre eux, le déficit d'extraction du rythme en condition musicale, est démontré pour la première fois.

### Vers une remédiation ciblée des processus temporels

Il ressort de l'ensemble des travaux menés sur la question que les déficits de timing peuvent être hétérogènes d'un patient à l'autre (variabilité inter-individuelle) et ne concerner que quelques aspects temporels chez un sujet donné, alors que d'autres domaines sont susceptibles d'être épargnés (variabilité intra-individuelle). Il apparaît même dans l'étude que nous avons menée que 35 % des sujets avec TDA/H, enfants et

adultes compris, ne manifestaient aucune difficulté particulière sur l'ensemble des épreuves rythmiques proposées<sup>[13]</sup>. Ceci tend à démontrer que les altérations de la sphère rythmique ne sont pas systématiques dans le TDA/H et qu'elles ne caractériseraient qu'une sous-catégorie de patients. Cette hypothèse tend à aller dans le même sens que les conceptions les plus récentes du TDA/H<sup>[18-20]</sup>.

Dès lors, il apparaît que pour une partie des patients, l'évaluation des capacités de timing et les remédiations qui s'y rapportent pourraient avoir une importance centrale dans l'accompagnement thérapeutique. D'autant que les bénéfices éventuels du méthylphénidate vis-à-vis des déficits de timing ne sont pas clairement établis et ne font pas consensus à l'heure actuelle<sup>[11]</sup>. Une approche non-médicamenteuse des déficits temporels semble donc avoir toute sa place. Ceux-ci étant multiples et potentiellement atteints à des degrés divers chez un individu TDA/H, les stratégies thérapeutiques susceptibles de les réduire peuvent elles aussi relever d'une approche tout à la fois multidimensionnelle et spécifique. Plusieurs outils sont déjà à disposition du psychomotricien parmi lesquels :

- les outils comportementaux<sup>[22,33]</sup> : il s'agira de visualiser l'écoulement du temps à l'aide de minuteurs (par ex., *Time Timer*<sup>®</sup>), ou encore d'utiliser un conducteur de tâches pour faciliter le repérage du patient TDA/H dans la séance et l'anticipation sur les activités à venir ;
- les exercices thérapeutiques de type remédiation cognitive : le thérapeute proposera des situations dans lesquelles le patient s'entraînera à estimer le temps dont il dispose pour aller au bout d'une activité (Figure 4), ou encore à estimer rétrospectivement le temps d'une activité achevée. Le caractère répétitif de ce type d'exercices, la difficulté croissante des situations et les retours du thérapeute sont très similaires à ce que l'on retrouve dans les protocoles de remédiation des fonctions cognitives.

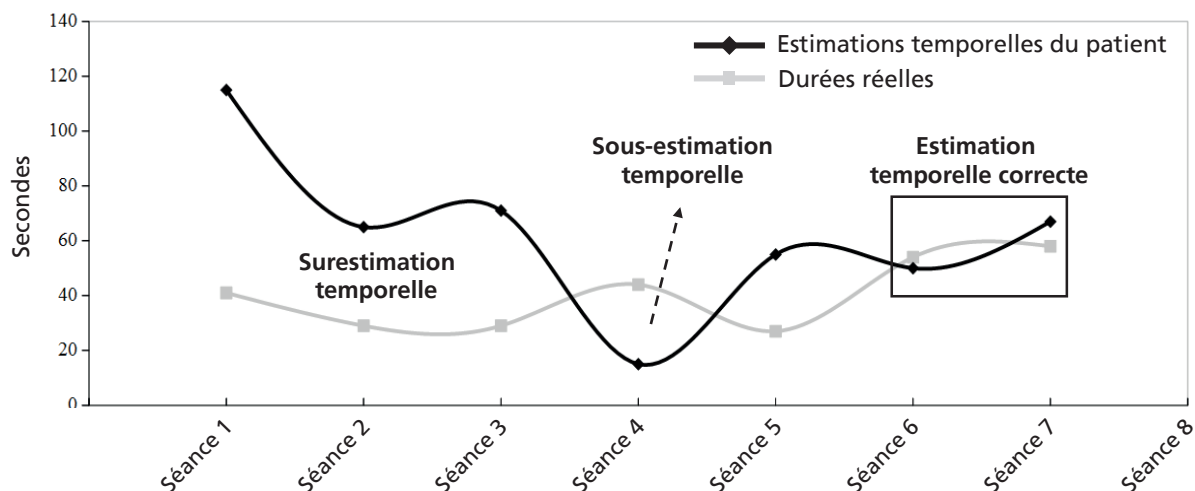
À l'avenir, des jeux thérapeutiques (« *serious games* ») spécialement dédiés à la remédiation des processus temporels défaillants devraient être validés scientifiquement<sup>[34]</sup>.

- l'apport des activités rythmiques : les mises en situation qui s'appuient sur les capacités rythmiques (danse, percussions, etc.) pourraient avoir un impact thérapeutique réel. Ceci est déjà démontré dans d'autres cadres pathologiques comme la maladie de Parkinson avec des effets sur les sphères motrice et cognitive<sup>[35,36]</sup> ;
- la méditation de pleine conscience : apprendre à porter attention à ses sensations corporelles sans jugement est un des éléments fondamentaux de la pleine conscience (*mindfulness*). Une étude a démontré les effets bénéfiques de cette pratique sur les capacités de perception temporelle d'adulte exempts de pathologie<sup>[37]</sup>. Les auteurs ont interprété ces résultats en suggérant que la sensation subjective du passage du temps pourrait être étroitement corrélée à la conscience corporelle. Ce qui constitue une piste prometteuse à approfondir en psychomotricité.

<sup>2</sup> Le TDC ou Trouble Développemental des Coordinations<sup>[12]</sup>, encore souvent appelé Dyspraxie de Développement en France, est un trouble neurodéveloppemental qui affecte les capacités perceptivo-motrices. Il est caractérisé par de la lenteur motrice et/ou de l'imprécision pathologiques dans les gestes de la vie courante, et affecte les processus d'automatisation et de contrôle des mouvements. Le TDC est associé de manière fréquente (dans 50 % des cas environ) au TDA/H<sup>[32]</sup>.

## ■ Psychomotricité

Figure 4 – Représentation graphique des estimations temporelles du patient avant d'entamer une tâche donnée, et confrontation avec les durées réelles mesurées avec chronomètre. Le patient est amené à apprendre à affiner progressivement ses estimations d'une séance à l'autre, à partir d'une activité principale déclinée en plusieurs variantes.



### Conclusion

Le TDA/H est donc caractérisé par des troubles de la sphère temporelle, particulièrement dans deux dimensions : le timing basé sur les durées, et le timing basé sur le rythme. Les déficits peuvent potentiellement être présents à des degrés divers chez un même patient, avec par exemple des altérations plus prononcées dans un domaine que dans l'autre. À l'intérieur de chaque domaine, il semble même exister des déficits susceptibles d'être hétérogènes (par ex., déficits rythmiques plus importants en condition musicale par rapport à une situation présentant un rythme simple de type métronome). Les performances de timing peuvent donc être hétérogènes chez un même individu, et d'importantes différences inter-individuelles sont par ailleurs relevées. Certains patients TDA/H ne présentent pas de troubles de la sphère temporelle, alors que pour d'autres, les déficits de timing semblent au centre des dysfonctionnements neuropsychologiques.

Certains outils peuvent renseigner le clinicien sur les capacités de timing des patients, parmi lesquels plusieurs tests des fonctions exécutives bâtis à partir des modèles théoriques récents du TDA/H [22]. De son côté, la BAASTA apparaît comme un outil particulièrement sensible aux troubles rythmiques et susceptible de guider secondairement la démarche thérapeutique en permettant d'identifier le profil des déficits temporels chez un patient donné. Le clinicien pourra disposer à terme d'un outil de mesure facile à utiliser, pertinent, et susceptible de rendre compte du niveau initial (avant prise en charge), intermédiaire, ou final (après prise en charge) d'une large gamme de capacités temporelles.

Améliorer ces processus de manière ciblée sera de fait envisageable, et en cas de réussite, cela constituera déjà un aspect intéressant dans la démarche thérapeutique. Mais l'intérêt

principal de remédier aux capacités de timing dans le TDA/H réside peut-être ailleurs. D'abord, parce que les processus temporels sont aujourd'hui au centre des préoccupations, et des modèles théoriques du TDA/H. Plusieurs éléments symptomatiques constitutifs du TDA/H (par ex., impulsivité, inattention) pourraient bénéficier d'une approche thérapeutique basée sur le timing. Ensuite, parce que les études qui mettent en évidence des corrélations entre les aspects temporels et d'autres domaines cognitifs et comportementaux l'attestent : certaines dimensions temporelles semblent étroitement liées au contrôle moteur, aux capacités d'écriture, à la flexibilité cognitive ou encore à la conscience corporelle [13,37-39]. Améliorer les capacités de timing dans le TDA/H pourrait favoriser en cascade les progrès dans d'autres domaines de fonctionnement considérés habituellement comme altérés dans cette population pathologique. Considérant qu'il s'agit là de nombreux domaines psychomoteurs, les psychomotriciens(nes) auront alors un rôle décisif à jouer dans l'évaluation et l'amélioration des capacités temporelles des patients TDA/H.

### RÉFÉRENCES

- 1 Buhusi C.V., Meck W.H. What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nat. Rev. Neurosci.*, 2005;6:755-765.
- 2 Meck W.H. Neuropsychology of timing and time perception. *Brain Cogn.*, 2005;58:1-8.
- 3 Coull J.T., Nobre A.C. Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 2008;18:137-44.
- 4 Repp B.H. Sensorimotor synchronization and perception of timing: Effects of music training and task experience. *Hum. Mov. Sci.*, 2010;29:200-13.
- 5 Sowiński J., Dalla Bella S. Poor synchronization to the beat may result from deficient auditory-motor mapping. *Neuropsychologia.*, 2013;51:1952-63.

- 6 Allman M.J., Pelphrey K.A., Meck W.H. Developmental neuroscience of time and number: implications for autism and other neurodevelopmental disabilities. *Front. Integr. Neurosci.*, 2012;6:7.
- 7 Farmer M.E., Klein R.M. The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: A review. *Psychon. B. Rev.*, 1995;2:460-93.
- 8 Grahn J.A., Brett M. Impairment of beat-based rhythm discrimination in Parkinson's disease. *Cortex.*, 2009;45:54-61.
- 9 Grube M., Cooper F.E., Chinnery P.F., Griffiths T.D. Dissociation of duration-based and beat-based auditory timing in cerebellar degeneration. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 2010;107:11597-601.
- 10 Repp B.H., Su Y.H. Sensorimotor synchronization: a review of recent research (2006–2012). *Psychon. Bull. Rev.*, 2013;20:403-52.
- 11 Noreika V., Falter C.M., Rubia K. Timing deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): evidence from neurocognitive and neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, 2013;51:235-66.
- 12 American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, (DSM-5)*. Arlington: APA. 2013. Traduction française sous la direction de Crocq M.A., Guelfi J.D. et al., 2015.
- 13 Puyjarinet F., Bégel V., Lopez R., Dellacherie D., Dalla Bella S. Children and adults with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder cannot move to the beat (soumis).
- 14 Koffler M.J. et al. Reaction time variability in ADHD: a meta-analytic review of 319 studies. *Clin. Psychol. Rev.*, 2013;33:795-811.
- 15 Barkley R.A. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychol. Bull.*, 1997; 121:65-94.
- 16 Sonuga-Barke E.J.S. Psychological heterogeneity in AD/HD – a dual pathway model of behaviour and cognition. *Behav. Brain Res.*, 2002; 130:29-36.
- 17 de Zeeuw P. et al. Inhibitory performance, response speed, intraindividual variability, and response accuracy in ADHD. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, 2008;47:808-816.
- 18 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*, 2012;7:e51416.
- 19 Sjöwall D., Roth L., Lindqvist S., Thorell L.B. Multiple deficits in ADHD: executive dysfunction, delay aversion, reaction time variability, and emotional deficits. *J. Child Psychol. Psychiat.*, 2013; 54:619-27.
- 20 Sonuga-Barke E., Bitsakou P., Thompson M. Beyond the dual pathway model: evidence for the dissociation of timing, inhibitory, and delay-related impairments in attention-deficit/hyperactivity disorder. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, 2010;49:345-55.
- 21 Quartier V. *Du développement de la temporalité dans les hyperactivités de l'enfant*. Bern: Peter Lang. 2008.
- 22 Marquet-Doléac J., Soppelsa R. Le trouble déficit de l'attention/hyperactivité : aspects temporels du syndrome et place du psychomotricien. *ANAE*, 2009;21:397-401.
- 23 Stambak M. *Trois épreuves de rythme*. Delachaux et Niestlé. Neuchâtel. 1960.
- 24 Pireyre E. Épreuve de tempo spontané et de reproduction de structures rythmiques de Mira Stambak : nouvel étalonnage. *Evol. Psychomot.*, 2000; 47:32-43.
- 25 Fauvel M.T. *Le bilan Marthe Vyl, Un examen en psychomotricité à partir de 7 ans*. Masson. Paris. 1995.
- 26 Dalla Bella S., et al. BAASTA: Battery for the assessment of auditory sensorimotor and timing abilities. *Behav. Res. Methods*, 2016;1-18.
- 27 Dalla Bella S., Sowiński J. (2015). Uncovering beat deafness: detecting rhythm disorders with synchronized finger tapping and perceptual timing tasks. *JoVE*, 2015;97:e51761-e51761.
- 28 Bégel V. et al. (2017). "Lost in time" but still moving to the beat. *Neuropsychologia*, 2017;94:129-38.
- 29 Falk S., Müller T., Dalla Bella S. Non-verbal sensorimotor timing deficits in children and adolescents who stutter. *Front. Psychol.*, 2015;6:847.
- 30 Benoit C.E. et al. Musically cued gait-training improves both perceptual and motor timing in Parkinson's disease. *Front. Hum. Neurosci.*, 2014;8:494.
- 31 Bégel V., Verga L., Benoit C.E., Kotz S.A., Dalla Bella S. Test-retest of the Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities (BAASTA). *Ann. Phys. Rehab. Med. (Sous presse)*.
- 32 Kadesjö B., Gillberg C. Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-years-old children. *Dev. Med. Child Neurol.*, 1998;40:796-804.
- 33 Puyjarinet F. Perception du temps : aspects théoriques et perspectives cliniques en psychomotricité. In: J.-M. Albaret & J. Corraze (Eds.), *Entretiens de Psychomotricité*. Les Entretiens Médicaux. Paris. 2011:65-74.
- 34 Bégel V., Di Loreto I., Seilles A., Dalla Bella S. Music games: potential application and considerations for rhythmic training. *Front. Hum. Neurosci.* (sous presse).
- 35 Bella S.D., Benoit C.E., Farrugia N., Schwartze M., Kotz S.A. (2015). Effects of musically cued gait training in Parkinson's disease: beyond a motor benefit. *Ann. N.Y. Acad. Sci. Paris*, 2015;1337:77-85.
- 36 Lötze D., Ostermann T., Büssing A. Argentine tango in Parkinson disease – a systematic review and meta-analysis. *BMC Neurol.*, 2015;15:226.
- 37 Droit-Volet S., Fanget M., Dambrun M. Mindfulness meditation and relaxation training increases time sensitivity. *Conscious. Cogn.*, 2015; 31:86-97.
- 38 Ivry R.B. The representation of temporal information in perception and motor control. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 1996;6:851-7.
- 39 Rosenblum S., Regev N. Timing abilities among children with developmental coordination disorders (DCD) in comparison to children with typical development. *Res. Dev. Disab.*, 2013;34:218-27.