



**HAL**  
open science

## Attention aux mathématiques : TDA et trouble de la cognition mathématique, quels liens ?

Lisa Chetcuti

► **To cite this version:**

Lisa Chetcuti. Attention aux mathématiques : TDA et trouble de la cognition mathématique, quels liens ?. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-02939718

**HAL Id: dumas-02939718**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02939718>**

Submitted on 15 Sep 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MÉMOIRE présenté pour l'obtention du  
**CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE  
ET DU GRADE DE MASTER 2 D'ORTHOPHONIE**

Présenté et soutenu le 11 juin par

**CHETCUTI Lisa**

**Née le 25 septembre 1995, à Avignon**

**ATTENTION AUX MATHÉMATIQUES :  
TDA ET TROUBLE DE LA COGNITION  
MATHÉMATIQUE, QUELS LIENS ?**

Directeur de Mémoire : SCHON Ghislaine, orthophoniste

Co-directeur(s) de Mémoire : LEBEL Ludivine, orthophoniste

Nice

**2020**



# Remerciements

Ce mémoire représente le dernier projet d'une vie étudiante bien remplie, et je voudrais remercier quelques personnes de l'avoir rendu concret.

Merci au Département d'Orthophonie de Nice et à tous les enseignants pour leur accompagnement tout au long de ces cinq ans.

Un grand merci à ma directrice de mémoire Ghislaine Schon, ainsi qu'à ma co-directrice Ludivine Lebel. Merci tout d'abord de m'avoir transmis durant ces études, leur intérêt pour la cognition mathématique, puis de m'avoir fait confiance. Merci pour leur investissement et leurs conseils durant cette année intense et particulière.

Je remercie également les orthophonistes ; les maîtres de stages et ceux ayant participé à ce mémoire, pour leur bienveillance et tous les échanges enrichissants et essentiels à ma future pratique. Merci aux enfants pour leur volonté et leur bonne humeur.

Mille mercis à toute ma famille de m'avoir permis de m'épanouir pleinement dans mes études et d'avoir cru en moi depuis le début.

Je dédie ce mémoire à Anthony, un exemple de courage et ma motivation depuis toujours. Tu as sans aucun doute fait de moi ce que je suis devenue.

Merci à Mehdi pour son amour, ses mots rassurants et sa présence à n'importe quelle heure du jour et de la nuit.

Et pour finir, merci à mes amies de promotion : Auréa, Laura, Meryl, Valentine, Apolline, Laurine, Sophie et Elaine pour leur bonne humeur et pour toutes les aventures que nous avons vécues et que nous vivons encore.

Mention spéciale à mes deux amies Agathe et Clémence, merci pour tous les rires et pour leur soutien sans faille. Je vous souhaite une amitié éternelle.

# Sommaire

Introduction.....	1
<b>Partie théorique.....</b>	<b>2</b>
<b>Chapitre 1 : La cognition mathématique.....</b>	<b>3</b>
1 Généralités.....	3
2 Dyscalculie primaire.....	4
2.1 Triple code.....	4
2.2 Dyscalculie analogique .....	5
2.3 Dyscalculie symbolique .....	6
3 Dyscalculie secondaire .....	6
3.1 Déficit mnésique /exécutif .....	7
3.2 Déficit gnosisque ou praxique .....	8
3.3 Trouble spécifique du langage oral ou écrit.....	8
<b>Chapitre 2 : Le trouble déficitaire de l'attention.....</b>	<b>10</b>
1 Description du trouble .....	10
1.1 L'attention .....	10
1.2 L'hyperactivité et l'impulsivité.....	11
1.3 Déficit des fonctions exécutives.....	12
2 TDA et comorbidités .....	13
2.1 TDA et Dyscalculie.....	13
2.2 TDA et autres troubles des apprentissages.....	14
<b>Partie pratique .....</b>	<b>16</b>
Méthodologie .....	17
1 Problématique et objectifs .....	17
2 Population.....	17
3 Matériel et méthode .....	19
Résultats.....	21
1 Résultats objectif primaire.....	21
2 Résultats objectif secondaire.....	23
Discussion.....	26
<b>Conclusions et Perspectives.....</b>	<b>35</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>36</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>43</b>



# INTRODUCTION

Les études récentes sur l'impact de facteurs sociétaux (jeux vidéos, réseaux sociaux) ou environnementaux (perturbateurs endocriniens...) ont alerté la population sur la nocivité de certaines pratiques : des corrélations ont été faites avec certains troubles, notamment le Trouble Déficitaire de l'Attention avec ou sans hyperactivité (TDA). Bien que sa prévalence n'ait pas augmentée depuis 30 ans, ce trouble est repéré plus tôt par l'entourage familial ou scolaire que par le passé. Le diagnostic reste complexe car le TDA a des symptômes pouvant être confondus avec d'autres maladies. Or plus d'un tiers des enfants avec TDA connaissent un trouble des apprentissages du fait de l'inattention et/ou de l'impulsivité avec ou sans hyperactivité qu'ils manifestent. Dans la littérature, de nombreuses études traitent du lien entre le TDA et le langage écrit. Mais peu s'intéressent au lien avec la cognition mathématique.

C'est pourquoi nous nous sommes interrogés sur la manière dont le trouble déficitaire de l'attention pourrait impacter les performances en cognition mathématique ; notre objectif premier étant d'étudier le retentissement du TDA sur les performances en cognition mathématique, ensuite de comparer des épreuves testant le sens du nombre entre des patients TDA et un patient dyscalculique primaire, dans un but final de dégager un profil type des enfants avec TDA présentant des difficultés en mathématiques.

Nous partons sur l'hypothèse que les enfants avec un TDA auront des difficultés en mathématiques, retentissant sur le domaine de l'arithmétique principalement, mais que leur sens du nombre est intact.

Notre partie théorique définira dans un premier temps le trouble de la cognition mathématique en développant le modèle de Mazeau, ses deux types de dyscalculies et leurs processus cognitifs sous-jacents et dans un deuxième temps le trouble du déficit attentionnel, ses composantes et processus sous-jacents.

Dans la partie pratique nous détaillerons la méthodologie ; la passation de deux modules de la batterie d'évaluation Examath à 3 enfants : un présentant une dyscalculie primaire et deux autres avec TDA sous médication, scolarisés en CE2 et CM1, âgés de 8 ans 10 mois à 10 ans 8 mois. Enfin, nous présenterons les résultats, leurs limites et leurs intérêts.

# **PARTIE THEORIQUE**

# CHAPITRE 1 :

## LA COGNITION MATHÉMATIQUE

### 1 Généralités

D'après la définition du DSM-5, la dyscalculie appartient au spectre des troubles des apprentissages. Comme pour tous les autres troubles elle répond à différents critères dont « la persistance du trouble depuis au moins 6 mois » et « la nécessité que les performances soient significativement en dessous de celles attendues pour son âge ». Que ce trouble se manifeste dans les années d'école ou plus tard, il doit « interférer avec les performances académiques et/ou les occupations ». De plus, ce trouble « n'est pas mieux expliqué par une déficience intellectuelle, une acuité auditive ou visuelle non corrigée, ni par d'autres troubles neurologiques ou mentaux ». (American psychiatric association, 2013)

En fonction des années et des champs théoriques la définition de la dyscalculie varie d'un auteur à un autre, Legeay et Maurel ont d'ailleurs répertorié 72 définitions différentes (Legeay & Morel, 2003). Au fil de ces définitions les appellations ont également évolué. Kosc a été le premier à parler de "dyscalculie développementale" (Kosc, 1974). Plus tard, dans la Nomenclature Générale des Actes Professionnels, le terme s'est élargi à "dyscalculie et troubles du raisonnement logico-mathématiques" (1992). Ce terme de « logico-mathématique » provient du constructivisme et des pensées piagésiennes. Mais à ce jour, c'est le terme « cognition mathématique », provenant du cognitivisme qui prime. Comme le dit Ménissier il existe une grande variabilité à la fois inter-individuelle et intra-individuelle qui rend le développement cognitif complexe et non linéaire, critiquant ainsi le modèle de Piaget (Ménissier, 2014). Depuis ces dernières années nous parlons alors de « troubles de la cognition mathématique » bien que le terme « dyscalculie » soit encore couramment utilisé.

Le diagnostic de dyscalculie se fait par la passation de tests standardisés de calcul et de raisonnement. En amont de la passation, une anamnèse doit être menée par l'orthophoniste pour objectiver la plainte et choisir au mieux les tests qui suivront (Lafay et al., 2014).

La prévalence en France des enfants atteints de dyscalculie est entre 3,6 et 7,7 % pour ce qui est des enfants en âge scolaire (INSERM, 2007). Dans d'autres pays des études similaires ont été menées. Les données récoltées concluent également que le taux de prévalence est entre 3 et 6% ; taux similaire à celui de la dyslexie ou encore du trouble du déficit de l'attention (Shalev et al., 2000).

Aucune différence entre les filles et les garçons n'est significative si l'on ne prend que la dyscalculie en compte (Devine et al., 2013).

Si la prévalence est similaire chez de nombreux auteurs, il n'y a, en revanche, pas de consensus sur les classifications des dyscalculies .

Les auteurs s'accordent à dire qu'il existe plusieurs types de dyscalculie, mais différents modèles sont proposés au fil des années et des évolutions (INSERM, 2007). Von Aster en 2000 propose une classification reposant sur le modèle du "Triple code" de Dehaene. Trois types de dyscalculies sont alors décrits ; la dyscalculie de type générale dans laquelle il y a un trouble du développement des structures cérébrales qui sous-tendent le code analogique et qui atteint le sens du nombre. Le deuxième type de dyscalculie concerne le code verbal, touchant la comptine verbale ainsi que les faits arithmétiques. Le dernier type est une dyscalculie concernant le code indo-arabe avec des difficultés dans la lecture et l'écriture des nombres (von Aster, 2000) .

Actuellement les classifications s'appuient toujours sur les processus cognitifs sous-jacents. Mazeau, quelques années plus tard évoque plusieurs dyscalculies, différentes par leur type et leur intensité. Pour elle, il existe 2 grands types qui sont la dyscalculie primaire et la dyscalculie secondaire. La dyscalculie primaire est régie par un trouble cognitif spécifiquement numérique, la secondaire résulte d'un trouble cognitif général touchant plusieurs domaines d'ailleurs décrits par Mazeau (Mazeau, 2017). Ces deux types ne s'opposent pas, l'un ou l'autre est présent selon le profil de l'enfant.

## 2 Dyscalculie primaire

### 2.1 Triple code

Ce modèle du « Triple code » décrit par Dehaene et Cohen en 1992 est un modèle théorique de référence. ([annexe A](#)) Les auteurs expliquent qu'il existe trois codes nécessaires au traitement du nombre. Ces codes fonctionnent de manière indépendante mais communiquent entre eux (Dehaene & Cohen, 2000).

Premièrement, le code analogique, ne contenant pas de symbole, représente la magnitude, c'est-à-dire le sens du nombre et correspond à une capacité innée de traiter les quantités.

Puis, les deux autres codes sont symboliques et sont assimilés par apprentissage. Le code auditivo-verbal est le code oral. Il permet notamment l'accès en mémoire à long terme des faits arithmétiques telles les tables d'additions ou de multiplications. Le code indo-arabe est le code écrit. Il comprend les symboles écrits nécessaires à la lecture et à l'écriture des chiffres.

La dyscalculie primaire est due à un déficit dans le fonctionnement de ce "Triple code" (Lafay et al., 2015). Elle englobe un déficit cognitif du sens du nombre, ainsi qu'un déficit de l'accès au sens du

nombre via les codes symboliques ou bien un déficit de reconnaissance des codes (Benton & Tranel, 1993).

## 2.2 Dyscalculie analogique

Plusieurs études ont montré que le sens du nombre est présent dès le plus jeune âge (Izard et al., 2009). Ce concept décrit comme inné servira de base aux futures capacités des enfants à apprendre les nombres et le calcul, en améliorant notamment la vitesse et la facilité de l'apprentissage.

Dans le système analogique il existe deux types de traitement des représentations numériques. Parmi eux nous trouvons le SNA (Système Numérique Approximatif), qui est un processus d'estimation approximative utilisé pour les grandes quantités.

Le second est le SNP (Système Numérique Précis) qui correspond à ce que l'on appelle aussi le "subitizing" c'est à dire l'estimation précise et rapide de petites quantités (de 1 à 3 ou 4 selon les auteurs) (Feigenson et al., 2004). Ces deux traitements excluent le comptage.

Dans la dyscalculie purement analogique c'est le sens du nombre qui est atteint. L'enfant ne possède pas la représentation mentale, autrement dit la magnitude du nombre (Fayol, 2013). Pourtant cette capacité constitue un réel support au développement des mathématiques. En effet, elle est corrélée aux compétences numériques de l'enfant et à l'apprentissage des mathématiques (Booth & Siegler, 2008).

Pour illustrer cette dyscalculie, le cas d'un étudiant se nommant Charles, a été décrit (Butterworth, 1999). Cet étudiant, pourtant à l'Université, utilise encore ses doigts pour compter. Il ne mémorise pas les faits arithmétiques, ne possède pas le subitizing, est obligé de dénombrer même les quantités de 2 ou 3, et son score en comparaison de nombres est chuté avec un effet de distance absent. Ceci signifie que Charles réussit mieux une comparaison quand les nombres sont proches, ce qui n'est pas dans la norme habituelle. Il correspond au tableau clinique d'une atteinte de la représentation analogique et des traitements correspondants.

Lorsque les difficultés sont présentes mais que le code analogique est intact on parle d'un autre sous-type de dyscalculie primaire, la dyscalculie symbolique.

## 2.3 Dyscalculie symbolique

### 2.3.1 Déficit du lien entre les codes symboliques et analogique

Parfois le problème ne vient pas des symboles en eux-mêmes, mais de leur relation avec l'analogique. Le code peut être dit, lu ou bien écrit sans que la personne ne comprenne la quantité représentée par ce code.

La ligne numérique mentale est une épreuve souvent utilisée et retrouvée dans de nombreux tests. Cette ligne est représentée par les occidentaux comme une droite orientée de gauche à droite. Chaque nombre évoqué (par code oral ou indo-arabe) renvoie à une position sur cette ligne. Elle sert de test pour déterminer si les liens entre les codes analogiques et symboliques sont corrects ou non (Restle, 1970). D'après plusieurs auteurs, son acquisition semble être un pilier important dans l'organisation et le développement des connaissances numériques (Case & Okamoto, 1996).

### 2.3.2 Déficit de traitement des codes

Il se peut que le code analogique ne soit pas atteint, que le lien entre codes symboliques et analogique soit également intact. Dans ce cas, le déficit concerne purement le traitement des codes symboliques ; un seul ou les deux.

Pour le code indo-arabe, les primitives lexicales allant de 0 à 9 doivent être connues et reconnues, permettant ensuite de maîtriser tous les nombres possibles.

Pour le code verbal ce sont les mots-nombres qui doivent être connus et reconnus, notamment par l'acquisition de la comptine numérique.

Pour illustrer cette dyscalculie symbolique, le cas de Julie a été décrit. Julie est elle aussi étudiante à l'Université, a une bonne mémoire et un bon raisonnement. Pourtant elle dénombre également en utilisant ses doigts et n'a pas mémorisé les faits arithmétiques. Mais contrairement à Charles, ses comparaisons sont exactes et rapides et l'effet de distance est présent. Ceci montre que ses difficultés ne viennent pas du système analogique mais des codes symboliques ou de leur lien avec la magnitude.

Lorsqu'aucun des composants du « Triple Code » n'est touché, on parle d'un autre type de dyscalculie.

## 3 Dyscalculie secondaire

Comme dit précédemment, la dyscalculie de type secondaire, en dépit d'une réelle atteinte du calcul, ne touche pas le sens du nombre ni son lien avec les codes symboliques. Les habiletés numériques de bases sont intactes.

La cause est ailleurs et les mécanismes sous-jacents évoqués sont divers ([annexe B](#)). Cette idée a notamment été émise par Mazeau qui distingue différents aspects nécessaires aux savoirs concernant les nombres, et que nous allons développer (2005).

### 3.1 Déficit mnésique /exécutif :

En premier lieu, une dyscalculie secondaire peut être causée par un déficit mnésique et/ou exécutif. Les fonctions exécutives sont corrélées aux compétences mathématiques, notamment la mémoire de travail ainsi que l'inhibition (Bull & Scerif, 2001).

Le terme de « mémoire de travail » est utilisé pour désigner un espace de travail mental, à capacité limitée, dans lequel des informations sont stockées puis traitées durant une brève période de temps, au cours d'une activité cognitive (Baddeley, 1986).

D'après une étude de 1997, les capacités de mémoire de travail sont plus faibles chez les enfants atteints de dyscalculie que chez les enfants sans pathologie, pour le même âge (Bull & Johnston, 1997). Ce déficit en mémoire de travail est corrélé à plusieurs faiblesses. Il engendre une diminution de la vitesse de traitement et donc des erreurs dans un problème ou du calcul (Thevenot et al., 2001), mais aussi des difficultés dans la récupération des faits arithmétiques ; c'est-à-dire des tables d'additions et de multiplications (Barrouillet & Lépine, 2005). Les apprentissages scolaires seront alors fragilisés (Gathercole et al., 2004).

Outre la mémoire de travail, l'inhibition est également en cause dans les troubles arithmétiques. (Bull & Scerif, 2001). Trois types d'inhibition existent : le filtrage des informations avant leur traitement, la suppression d'informations non pertinentes en mémoire de travail ainsi que le blocage des réponses automatiques (Friedman & Miyake, 2004). Le traitement des données nécessite un temps de réflexion afin de donner des réponses réfléchies et adaptées à toutes les situations.

Ce déficit d'inhibition se ressentira dans les apprentissages par des réponses impulsives dues à des automatismes non contrôlés.

Par exemple, lors de cet énoncé : « Louis a 4 dizaines. Léa a 35 unités. Qui a le plus d'éléments ? » Un enfant de 7 ans a répondu « Léa ! Car 35 est plus grand que 4 ». L'enfant a répondu avant d'avoir assimilé la consigne, par habitude il a donné le nombre le plus grand sans prendre en compte la totalité des informations.

### 3.2 Déficit gnosique ou praxique

Outre les aspects exécutifs, une des autres causes possibles dans la dyscalculie secondaire est celle du déficit visuo-spatial : englobant les gnosies visuelles et praxiques des mathématiques.

Certains auteurs parlent d'ailleurs de « dyscalculie spatiale », notamment lorsqu'il n'y a pas de trouble du raisonnement, ni de la connaissance des nombres et des faits arithmétiques, et sans la présence d'autres troubles. Elle concerne les aspects visuo-spatiaux et/ou praxiques des nombres et du calcul (Geary, 1993).

On retrouve des caractéristiques typiques de cette dyscalculie avec des erreurs sur la pose d'opération avec comme exemple un mauvais alignement des chiffres ou un saut de colonne. Des erreurs de transcodage demandant une réponse en chiffres indo-arabes peuvent apparaître, la position des chiffres peut être mauvaise ( Geary & Hoard, 2004).

D'autres erreurs sont possibles comme des difficultés avec le comptage digital, une mauvaise correspondance terme à terme et un mauvais pointage (Camos et al., 1998) entraînant un mauvais dénombrement, mais aussi des erreurs de calcul mental (Roux, 2009).

D'autres auteurs pensent que les conséquences peuvent être plus profondes et impactent la représentation et/ou l'utilisation de la ligne numérique liée au sens du nombre (Fayol, 2013).

Des problèmes de maniement des outils apparaissent également, notamment en géométrie.

Pour illustrer l'impact de ce déficit, un ergothérapeute a rapporté le cas d'Ariane, une jeune fille avec un diagnostic de Trouble d'Acquisition de la Coordination impliquant une dyspraxie développementale visuo-spatiale sévère et qui a développé des difficultés massives en mathématiques (Barray, 2013).

### 3.3 Trouble spécifique du langage oral ou écrit

La dernière cause abordée est celle du langage.

Des recherches longitudinales sur les enfants porteurs de troubles du langage ont montré qu'à 5 ans le comptage de ces enfants était déjà en retard. Plus tard, ces mêmes enfants vont présenter diverses faiblesses par rapport aux enfants de leur âge et de leur classe. Il y aura de nombreuses erreurs dans la récupération des faits arithmétiques. Les enfants vont alors opter pour une stratégie de comptage immature et seront plus lents et moins performants que leurs pairs. On retrouve également des erreurs dans les opérations à plusieurs chiffres (Fazio, 1999).

Pour ce qui est des études sur le langage écrit et la dyscalculie, il est important de relever que le taux d'enfants avec un trouble de la lecture parmi un groupe de dyscalculiques est élevé. Lewis et son équipe pour leur part relèvent un pourcentage de 64 % (Lewis et al., 1994). Il est également remarqué que les enfants ayant cette comorbidité ont des difficultés supérieures à ceux avec une dyscalculie isolée ( Shalev, 1997).

Parmi les autres difficultés possibles il y a l'atteinte du transcodage, c'est-à-dire le passage d'un code symbolique à l'autre. S'il y a présence d'un trouble du langage oral, alors la lecture de nombre peut être difficile. S'il y a un trouble du langage écrit alors l'écriture sous dictée sera échouée. De plus, les troubles du langage écrit vont entraîner des difficultés de décodage et de lecture des énoncés mathématiques, une non-compréhension des consignes et une possible saturation de la mémoire de travail (Fayol, 2013).

Il est facile d'imaginer que l'accumulation de ces troubles du langage pose de nombreux problèmes dans la réalisation de diverses tâches mathématiques.

Parmi les causes de dyscalculie, il est cité également le Trouble du Déficit de l'Attention avec ou sans hyperactivité (Mazeau, 2017). Comme dit précédemment, les mathématiques nécessitent plusieurs compétences cognitives et langagières. Ces compétences sont mises en jeu dans le Trouble Déficitaire de l'Attention, c'est pourquoi nous allons définir ce trouble, ses composantes et son lien avec les mathématiques.

# **CHAPITRE 2 :**

## **LE TROUBLE DEFICITAIRE DE L'ATTENTION**

### 1 Description du trouble

La prévalence du Trouble De l'Attention avec ou sans hyperactivité (TDA) est de 3,4 à 5,5%, cet indice est stable dans le temps, il concerne 2 à 4 garçons pour une fille.

En 2013, le TDA entre dans le groupe des troubles neurodéveloppementaux : c'est-à-dire des pathologies où les grandes fonctions du cerveau sont touchées. Elles ont toutes pour points communs d'avoir un début précoce, une forte influence génétique et d'être associées à des altérations du fonctionnement cérébral (Bouvard, 2016).

Le TDA est un trouble tridimensionnel qui associe le déficit d'attention, l'hyperactivité et l'impulsivité. Selon les individus, il est très variable, diverses formes cliniques existent et les symptômes évoluent au cours du temps (Jensen et al., 1997).

Dans les critères diagnostic du DSM-V il est évoqué la nécessité que les symptômes soient présents dans au moins deux contextes différents (école et maison par exemple) et que ceux-ci soient apparus avant l'âge de 12 ans. Une altération évidente de la vie scolaire, sociale et professionnelle ainsi que de la qualité de vie doit être remarquée. De plus, les symptômes ne doivent pas provenir d'un autre trouble psychotique ou mental (2013).

En complément des mesures éducatives, psychologiques, rééducatives et sociales qui sont prises, il arrive que l'enfant doive suivre un traitement. Ce traitement comprend une molécule appelée le méthylphénidate, qui existe sous plusieurs formes dont la plus connue est la Ritaline®. Ce médicament reste cependant symptomatique et non curatif.

Nous allons voir désormais les différentes composantes de cette pathologie, tenter de comprendre ce qui dysfonctionne et quelles en sont les conséquences.

#### 1.1 L'attention

Comme le dit l'appellation, le TDA comprend un trouble attentionnel.

L'attention est définie par William James comme « la sélection sous forme claire et précise d'une information ou d'un événement extérieur à la pensée et son maintien dans la conscience » (James, 1980).

Il existe 4 grandes composantes de l'attention.

Deux d'entre elles concernent la qualité de l'attention. Il s'agit de la fonction d'alerte qui sert à la détection des informations sensorielles extérieures, elle est corrélée au niveau de vigilance. L'autre composante est l'attention soutenue, qui représente la possibilité de rester attentif pendant un temps plus ou moins long. Les deux autres composantes concernent la sélection des informations. Parmi elles se trouve l'attention sélective qui permet d'être focalisé sur une seule information et de faire abstraction des autres. A cette attention est liée la capacité à filtrer les informations non pertinentes pour une tâche. La distractibilité fait référence au défaut de cette attention sélective. La dernière composante est l'attention divisée qui permet la réalisation de plusieurs tâches en même temps (Bouvard, 2016).

Lorsqu'un individu est dépourvu d'un ou de plusieurs types d'attention, il y aura des répercussions dans son quotidien. Les activités scolaires et de loisirs pourront devenir complexes.

## 1.2 L'hyperactivité et l'impulsivité

L'hyperactivité et l'impulsivité sont les faces visibles du trouble.

L'hyperactivité représente une activité motrice désorganisée et sans but. En 2009, des chercheurs mettent en évidence un nombre et une amplitude des mouvements nettement supérieurs chez des sujets TDA comparé à des sujets témoins (Wood et al., 2009).

Lorsqu'il est encore jeune, l'enfant avec hyperactivité va avoir tendance à courir partout, à jouer les cascadeurs, à avoir du mal à rester calme ou soutenir son attention dans les jeux, à ne pas écouter. En grandissant les symptômes changent, il y a moins de déplacements mais l'enfant fait du bruit, touche beaucoup les objets, a du mal à rester en place, ne contrôle pas ses gestes, il « gigote » sans arrêt, il a du mal à s'organiser.

L'impulsivité est liée à l'inhibition. Elle se manifeste par des réponses trop rapides et inadaptées aux situations, mais aussi par une frustration face à l'attente ainsi que des difficultés de planification. Les enfants qui en sont atteints ont tendance à faire tout trop vite, sans prendre le temps de la réflexion et sans analyser tous les éléments d'une situation. Ceci les amène à faire des erreurs, à être inadaptés que ce soit dans un contexte scolaire, familial, social, mais aussi à se mettre parfois en danger dans les activités de la vie quotidienne (Bouvard, 2016).

### 1.3 Déficit des fonctions exécutives

Outre les trois composantes ci-dessus, le Trouble Déficitaire de l'Attention met en jeu les « fonctions exécutives. » Ce terme apparaît pour la première fois dans les travaux de Luria pour décrire des fonctions cognitives de haut niveau servant au contrôle de tâches cognitives diverses (Luria, 1978).

Les fonctions exécutives comprennent :

- l'inhibition ; comme vue précédemment elle sert à contrôler nos réponses
- la planification permettant d'organiser, de séquencer des actions et nécessitant la notion de temps et d'anticipation
- la flexibilité mentale représentant une souplesse mentale, une capacité à s'adapter aux changements
- la mémoire de travail (Plamondon, 2019)

Certains auteurs distinguent d'une part les fonctions exécutives « chaudes », qui servent aux tâches chargées sur le plan émotionnel et motivationnel, et d'une autre part les fonctions exécutives « froides » servant aux « tâches neutres » ; c'est-à-dire sans participation émotionnelle et motivationnelle parmi lesquelles : la mémoire de travail, les capacités de planification et d'inhibition (Zelazo et al., 2005).

Concernant le dysfonctionnement, il s'avère que les jeunes avec un TDA ont fréquemment des difficultés sur le plan des fonctions exécutives (Willcutt et al., 2005).

En effet, le TDA comprend une pluralité de difficultés cognitives (Bouvard, 2016) dont :

- une difficulté de maintien de l'attention liée à une altération de la vigilance
- une impulsivité liée à un trouble de l'inhibition
- une difficulté d'auto-régulation émotionnelle
- un problème de spécification du contrôle cognitif

Une méta-analyse de 2005 cherchant à montrer les domaines clés des fonctions exécutives les plus affectées chez les TDA a obtenu comme résultats une faiblesse significative sur la mesure de l'inhibition, sur la vigilance, sur la mémoire de travail et sur certaines mesures de planification (Willcutt et al., 2005). Ces domaines affectés ne diffèrent pas selon si l'enfant est atteint d'un TDA avec une dominance d'inattention ou une dominance d'impulsivité (Geurts et al., 2005).

Lorsqu'un enfant est atteint de TDA il est probable qu'il ait un autre trouble car les comorbidités sont fréquentes ; nous allons les exposer maintenant.

## 2 TDA et comorbidités

### 2.1 TDA et Dyscalculie

Bien que les enfants atteints de TDA ne présentent pas tous une dyscalculie, il a été montré qu'une comorbidité est présente.

En 1996, une étude princeps a été effectuée, et a démontré, à partir d'un questionnaire comportemental rempli par les parents et par les enseignants, que parmi 140 dyscalculiques 26% avaient un diagnostic probable de TDA (Gross-Tsur et al., 1996).

Plus tard, une autre étude a révélé que le rendement scolaire en mathématiques est plus faible chez des élèves avec un TDA, bien que le potentiel intellectuel soit similaire (Zentall, 2007). On retrouve des mécanismes communs dans les troubles de la cognition mathématique et dans le trouble de l'attention. Nous avons vu que les fonctions exécutives sont liées aux deux pathologies, notamment la mémoire de travail, mais aussi la vitesse de traitement, la récupération d'informations, les différents types d'attention et l'inhibition. Le trouble de l'attention serait également un facteur de persistance de la dyscalculie (Shalev et al., 2005).

Selon le sous-type de TDA les difficultés peuvent varier.

Les élèves appartenant au sous-type « inattentif » ont plus de difficultés que les autres TDA, dans divers domaines scolaires (Masseti et al., 2008).

Selon une revue de la littérature, des auteurs concluent que dans le domaine de la cognition mathématique, les TDA de type « inattentif » présentent une spécificité sur le trouble du calcul, tandis que les autres TDA de type « impulsif/hyperactif » ou bien « mixte » ont plus de difficultés sur les problèmes (Lucangeli & Cabrele, 2006). Dans cette même idée Badian avait proposé que le trouble de l'attention soit un sous-type à part entière de la classification des dyscalculies (1983).

En 2019, un article dédié aux aidants des élèves TDA a listé les principales difficultés en mathématiques de ces enfants. Parmi ces troubles on retrouve une lenteur dans la reconnaissance des chiffres et leur écriture (surtout à l'entrée au primaire), l'utilisation de calculs immatures comme le comptage sur les doigts ou le pointage qui persistent plus longtemps que la moyenne, une mauvaise mémorisation des faits arithmétiques impliquant une non-automatisation des opérations, de nombreuses erreurs de calcul notamment lorsqu'il y a plusieurs étapes, ainsi que des difficultés dans les problèmes (Massé & Nadeau, 2019).

Selon Ménissier la résolution de problème se fait en 5 étapes ([annexes C](#) et [annexe D](#)). Chacune d'entre elles présentant une spécificité que l'enfant avec TDA aura du mal à appréhender. Il est

compliqué de diviser son attention sur le calcul à effectuer tout en se rappelant du cheminement à suivre pour résoudre le problème en gardant en mémoire toutes les données utiles et négligeant les autres. La mémoire de travail et la concentration se trouvent en surcharge et ne permettent pas à l'enfant d'accéder au résultat.

## 2.2 TDA et autres troubles des apprentissages

### 2.2.1 TDA et trouble du langage oral

Parmi les enfants atteints de TDA, environ 30% présenteront un retard de développement du langage oral, autrement dit une dysphasie. Ces troubles semblent apparaître plus tard, aux alentours du milieu du primaire, lorsque l'école demande d'utiliser plus fréquemment les fonctions verbales orales (Thomas et al., 2007).

En expression, le trouble attentionnel entraîne une narration difficile à cause de l'organisation et du séquençage qu'elle implique. Les enfants avec TDA ont tendance à perdre le fil de leur histoire. Selon l'atteinte diverses difficultés apparaissent (Bouvard, 2016).

L'attention sélective déficiente engendre un oubli des faits principaux et une trop grande concentration sur les détails, obligeant le second interlocuteur à poser beaucoup de questions et à devoir ramener sans cesse l'enfant dans le sujet.

La distractibilité s'observera dans le non-achèvement des phrases. En effet, l'enfant TDA peut passer d'un sujet à un autre sans jamais aboutir ni à l'un ni à l'autre.

De plus, lorsque le côté impulsif / hyperactif est en avant, la communication est gênée par les interruptions des enfants ; en effet ils coupent souvent la parole et peuvent s'énerver lorsqu'ils n'arrivent pas à exprimer leurs besoins ou à se faire comprendre.

On peut donc retrouver des troubles de toutes sortes ; syntaxique, de planification, de séquentialité et d'organisation du discours (Purvis & Tannock, 1997).

En réception les phrases longues peuvent ne pas être comprises à cause du trouble de l'attention et de la mémoire de travail (Gérard, 1993).

### 2.2.2 TDA et trouble du langage écrit

Le TDA peut aussi être associé à un trouble du langage écrit, et plus précisément de la lecture. Parmi un groupe d'enfants TDA, il y aurait environ 33 % d'enfants dyslexiques (Mayes & Calhoun, 2006). Ces taux se trouvent être similaires dans une autre étude qui compare le nombre d'enfants avec un

trouble de la lecture parmi un groupe TDA et parmi un groupe sans TDA. Le résultat montre qu'ils sont plus nombreux (38 %) parmi le groupe TDA (Semrud-Clikeman et al., 1992).

Les enfants ayant une comorbidité entre le Trouble Déficitaire de l'Attention et la dyslexie cumulent de nombreux déficits. Leurs processus phonologiques sont atteints, leur mémoire verbale est faible, ils manquent d'inhibition, de planification et d'attention. Le tout cumulé engendre de nombreuses difficultés (Neault & Guay, 2006).

Un déficit de l'attention soutenue par exemple va empêcher une bonne correspondance graphème-phonème et affaiblir la voie d'assemblage de la lecture. Il y aura alors un mauvais encodage des mots et une mauvaise représentation lexicale des mots.

Elle impactera également la lecture de textes longs qui demandent une attention supérieure aux capacités des enfants avec TDA.

Le défaut d'attention sélective et de la mémoire de travail sera un frein à une bonne compréhension. Si les bons éléments ne sont pas sélectionnés ou retenus, l'enfant perdra le fil d'un énoncé (Massé & Nadeau, 2019b).

# **PARTIE PRATIQUE**

# METHODOLOGIE

## 1 Problématique et objectifs

Comme nous l'avons vu le trouble de la cognition mathématique encore appelé par beaucoup « dyscalculie » est un trouble des apprentissages répandu. Ils impliquent une plainte du calcul et des difficultés dans la scolarité.

Comme l'explique le modèle de Mazeau, cette dyscalculie peut être de deux types. Elle est primaire si elle atteint les habiletés numériques de bases et le sens du nombre. Lorsque le sens du nombre n'est pas touché, elle est dite « secondaire » et nécessite de trouver les facteurs causaux ailleurs. Ces facteurs englobent notamment le langage et les fonctions exécutives dont la mémoire de travail, l'attention et l'inhibition essentiellement.

Le Trouble Déficitaire de l'Attention implique une triade de troubles qui concerne l'attention, l'impulsivité et/ou l'hyperactivité. En définissant ce trouble déficitaire de l'attention, on remarque que les fonctions exécutives sont également mises en jeu et fragiles dans cette pathologie ; ce qui nous interroge alors sur le lien entre les deux pathologies et sur l'impact du TDA sur les troubles de la cognition mathématique.

L'objectif primaire de ce mémoire est d'étudier le retentissement du TDA sur les performances en cognition mathématique. Pour cela le critère principal de mesure comprendra les scores obtenus sur Examath chez les patients avec TDA.

Les objectifs secondaires consisteront à comparer le sens du nombre entre les enfants présentant un TDA et le patient dyscalculique primaire, via les scores obtenus au module « habiletés numériques de base » de la batterie Examath dans un premier temps puis à établir un profil mathématique spécifique des TDA via l'analyse quantitative et qualitative des épreuves effectuées dans un deuxième temps.

## 2 Population

La population pour ce mémoire est composée de 3 enfants avec chacun un profil spécifique.

<u>Sujets</u>	<u>Âge</u>	<u>Classe</u>	<u>Pathologie</u>
M	10 ans	CM1	Dyscalculique primaire
C	10 ans et 8 mois	CM1	TDA + multidys ( dyslexie, dysphasie)
E	8 ans et 10 mois	CE2	TDA

Tous les enfants rencontrés nous ont été envoyés par des orthophonistes.

Pour pouvoir les recruter, nous les avons sollicités via réseaux sociaux et par mail.

### Sujet 1 : M

M est un petit garçon, il est âgé de 10 ans au moment du bilan.

D'origine tunisienne, il vit avec deux frères, dont le plus âgé est handicapé, et ses parents. L'arabe est la langue la plus utilisée à la maison.

Actuellement en CM1, il commence les séances d'orthophonie en mars 2019 (CE2) à la demande de l'enseignante car le raisonnement et le calcul lui posent des difficultés.

Des progrès ont été constatés mais des difficultés subsistent.

En séance l'enfant paraît intimidé et semble ne pas avoir confiance en lui. Il est coopératif mais hypo-spontané ; ne parle que si on l'interroge.

### Sujet 2 : E

E est un petit garçon âgé de 9 ans et 10 mois au moment du bilan. Il est le fils unique d'une maman malgache et d'un père franco-italien qui parlent tous les deux correctement le français. E est pris en soin en orthophonie depuis la fin de sa grande section de maternelle, pour des difficultés d'apprentissages liées à son TDA. Celui-ci a été diagnostiqué par le Dr FOSSOUD qui a également prescrit une médication.

Outre l'orthophonie, E a suivi des séances d'orthoptie pour strabisme et a eu un suivi psychologique en CP/CE1. Depuis le CP une Auxiliaire de Vie Scolaire l'accompagne. Il est aujourd'hui en CE2. Malgré quelques troubles du comportement qui persistent (agitation, crises, maladresses...) E est décrit comme un enfant attachant, curieux de tout et qui ne manque pas d'amuser ses camarades.

### Sujet 3 : C

C est une petite fille âgée de 10 ans et 8 mois au moment du bilan. Née dans une famille anglophone, C est parfaitement bilingue. Elle est suivie en orthophonie depuis juillet 2017. Elle est actuellement en CM1.

C a un TDA pour lequel un traitement médicamenteux est suivi. C'est une petite fille qui présente également un trouble multidys avec une dyslexie et une dysphasie.

De nombreux progrès ont été réalisés depuis le début de sa prise en soins.

Cependant, moralement C est souvent en souffrance même si des adaptations ont été mises en place à l'école. Elle bénéficie, elle aussi, d'une Auxiliaire de Vie Scolaire qui lui permet de suivre les apprentissages.

### 3 Matériel et méthode

Notre intervention consiste à faire passer la batterie « Examath », servant à tester les habiletés mathématiques des enfants de 8 à 15 ans. Elle a été créée en 2016.

D'après une étude comparative (Lafay & Cattini, 2018) Examath est l'un des bilans les plus complets, balayant ainsi tous les domaines : le traitement cognitif du nombre, le dénombrement, la numération et le transcodage, le calcul, la résolution de problèmes ainsi que le langage et le raisonnement ([annexe E](#)). Il repose sur des modèles théoriques actuels.

De plus, il est ludique notamment grâce au graphisme et à l'histoire incluse dans le déroulé du bilan, rendant le test moins contraignant pour les patients.

Les résultats sont détaillés et facilement observables avec de nombreux graphiques.

C'est pour toutes ces raisons que nous avons choisi cette batterie.

Cependant, ce bilan fait partie du logiciel « HappyNeuron » normalement payant. Il nous a été prêté quelques mois par les gérants du logiciel, nous permettant ainsi de réaliser les passations.

Nous avons sélectionné deux modules de tests.

Le premier est le module « Arithmétique » avec pour épreuves :

- *Opérations analogiques* : cet exercice consiste à évaluer le sens intuitif des opérations. Pour cela une opération non verbale (donc analogique), via des pingouins qui entrent ou sortent d'un igloo, est proposée. Seize opérations sont prévues et l'enfant doit donner la réponse à l'oral. Cette épreuve permet d'observer les stratégies et les procédures mises en place pour parvenir au résultat.

- *Fluence arithmétique* : cette épreuve évalue la récupération des faits arithmétiques en mémoire et la capacité à réaliser un calcul mental de type addition, soustraction et multiplication. Les calculs sont présentés horizontalement au patient qui doit donner une réponse orale. Cette épreuve permet de savoir où en est l'enfant dans le calcul mental, s'il connaît les doubles, les compléments à dix, la commutativité etc. A nouveau, les stratégies et les procédures peuvent être analysées via cette épreuve.

- *Mécanismes opératoires écrits* : cette dernière épreuve consiste à évaluer les capacités d'un enfant à utiliser un algorithme conventionnel écrit. Autrement dit l'enfant doit savoir résoudre un « schéma de calcul » avec une suite d'opérations dans un ordre déterminé, dans le but de parvenir à un résultat. Des additions, soustractions et multiplications seront proposées. Nous devons vérifier la pose, les retenues et le résultat.

Cette épreuve permet d'analyser le respect de la disposition spatiale et celui des étapes de calcul. Il permet aussi d'analyser si le sujet parvient à évaluer la cohérence de son résultat et donc l'estimation.

Selon la démarche diagnostique propre à cette batterie ([annexe F](#)), ce module « arithmétique » sert à valider la plainte et à objectiver les troubles mathématiques. Ensuite nous faisons passer d'autres modules, notamment celui des habiletés numériques de base pour vérifier le sens du nombre.

Le second module testé est donc celui des « Habiletés numériques de base » avec pour épreuves :

- *Comparaison analogique*
- *Relation indo-arabe/analogique*
- *Relation oral/analogique*
- *Ligne numérique* : de 0 à 100 puis de 0 à 1000
- *Identification de quantités* : subitizing, estimation de points (système numérique approximatif)  
estimation pragmatique
- *Dénombrement et calcul* : dénombrement d'une collection, production d'une collection

Les passations se sont déroulées entre janvier 2020 et mars 2020. Les rencontres avec les patients se sont faites dans le cabinet de l'orthophoniste de l'enfant testé. Toutes les passations se sont faites en une seule fois.

Tous les patients ont réalisé le bilan dans le même ordre et dans un cadre le plus similaire possible pour permettre une bonne comparaison des résultats.

Le bilan étant informatisé, des notes ont pu être prises sur le comportement du patient, permettant également une évaluation qualitative.

# RESULTATS

## 1 Résultats objectif primaire

Le but premier de cette étude est d'étudier l'impact du TDA sur les performances en mathématiques. Pour cela nous allons présenter les réponses des trois sujets aux épreuves du module « arithmétique ». Les épreuves réalisées et le score en percentiles de chaque patient ont été reportés sur l'histogramme ci-dessus.

Pour rappel, les sujets E et C sont les sujets avec TDA, le sujet M est le sujet avec dyscalculie primaire.

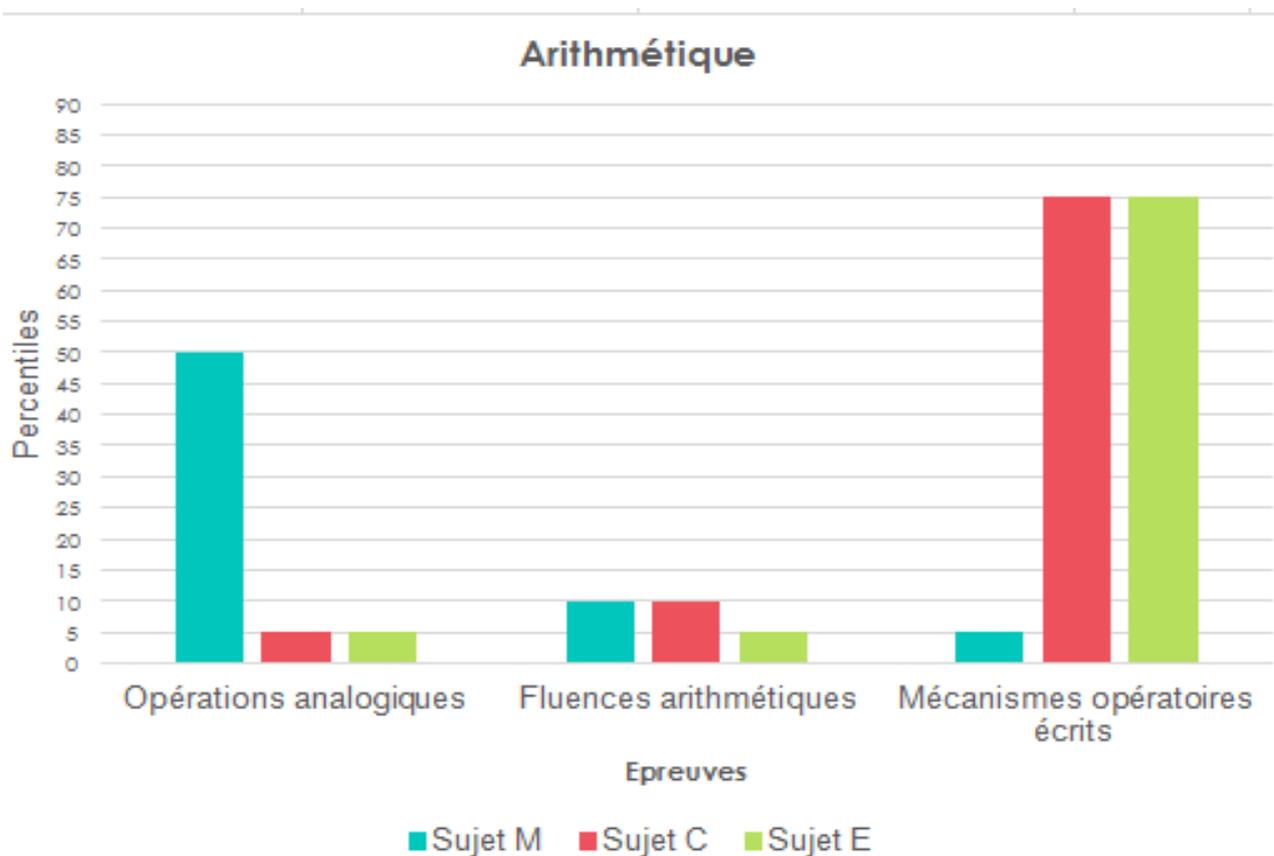


Figure 1 : Histogramme des résultats en percentiles des épreuves d'arithmétiques

En ce qui concerne la globalité des compétences du domaine arithmétique, on remarque deux types de profils.

Le premier profil qui se distingue est celui du sujet M. Cet enfant a déjà été diagnostiqué dyscalculique primaire, ses difficultés ont déjà été objectivées auparavant.

On remarque que deux épreuves sur les trois sont chutées.

Parmi elles, les fluences arithmétiques avec un score en P10. En regardant les détails M est plus fragile sur les multiplications, mais se trouve dans la moyenne pour les additions et les soustractions. La seconde épreuve chutée est celle des mécanismes opératoires écrits. Dans toutes les opérations M est lent et nous observons diverses erreurs. Nous pouvons noter : un oubli de retenue dans une addition, la confusion d'une soustraction et d'une addition, et la non-maîtrise de la pose de la multiplication à deux chiffres.

Le deuxième profil que l'on distingue est celui des deux sujets TDA.

Pour l'épreuve des opérations analogiques, les sujets C et E ont tous deux un score en P5 que l'on peut qualifier de pathologique.

Pour l'épreuve des fluences arithmétiques, ils ont tous deux un score faible. Le score de C est au P10 avec des erreurs prédominantes sur les multiplications. Le score de E est au P5 mais ses erreurs sont essentiellement sur les additions et les soustractions.

Pour ce qui est des mécanismes opératoires écrits, les deux sujets ont à nouveau un score identique, au-dessus de la moyenne, au P75. La soustraction avec retenue n'est réussie pour aucun des deux sujets. En revanche C maîtrise la multiplication à un chiffre, mais pas celle à deux chiffres au contraire de E qui ne réussit ni l'une ni l'autre.

Dans ce module, le temps de réponse n'est pas pris en compte. Cependant les deux premières épreuves sur les opérations analogiques et les fluences ont une contrainte de temps.

L'épreuve des mécanismes opératoires écrits n'a pas de limite de temps.

## 2. Résultats objectif secondaire

### HABILETES NUMERIQUES DE BASE

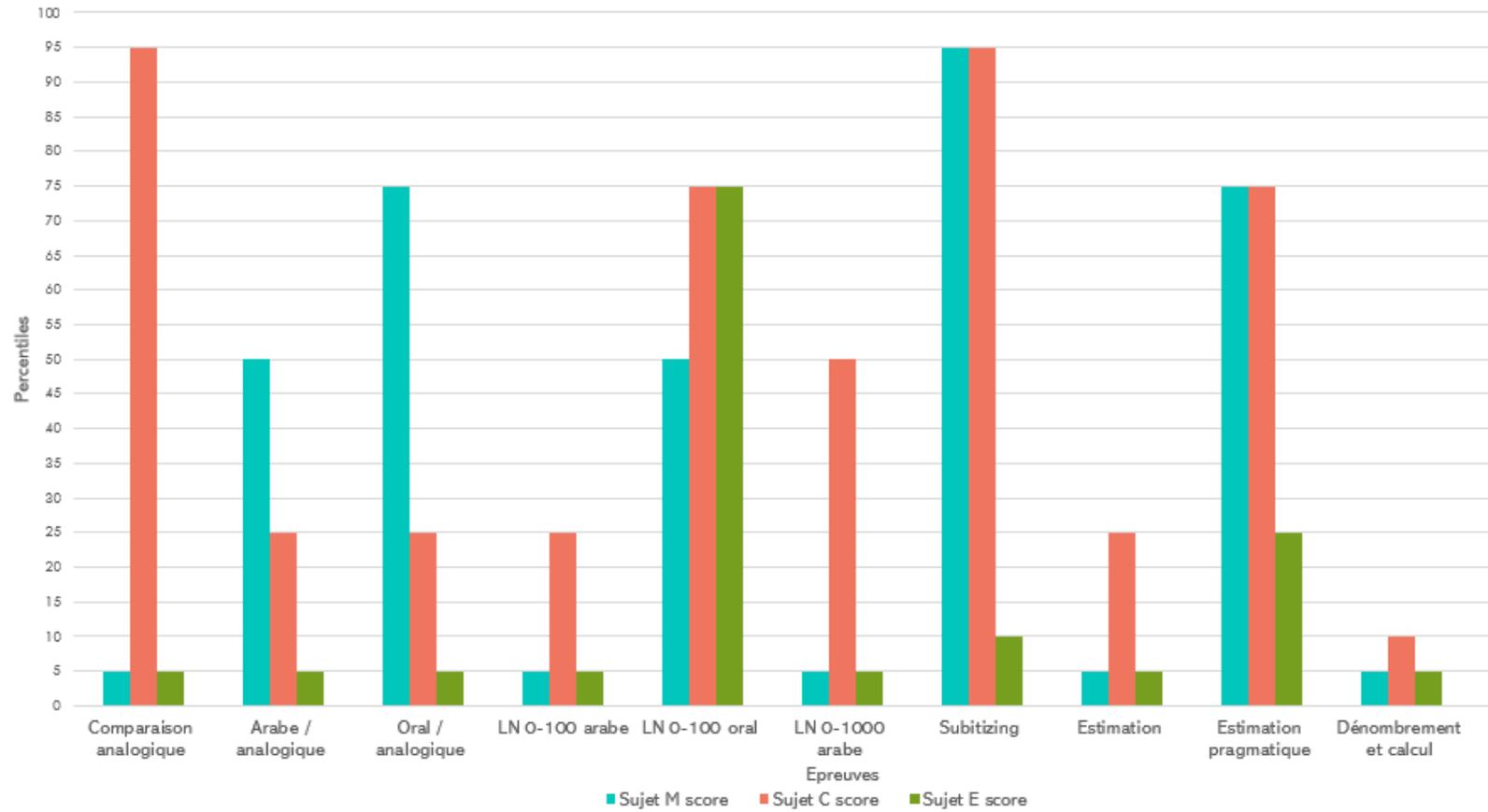


Figure 2 : Histogramme des résultats en percentiles des épreuves d'habiletés numériques de base

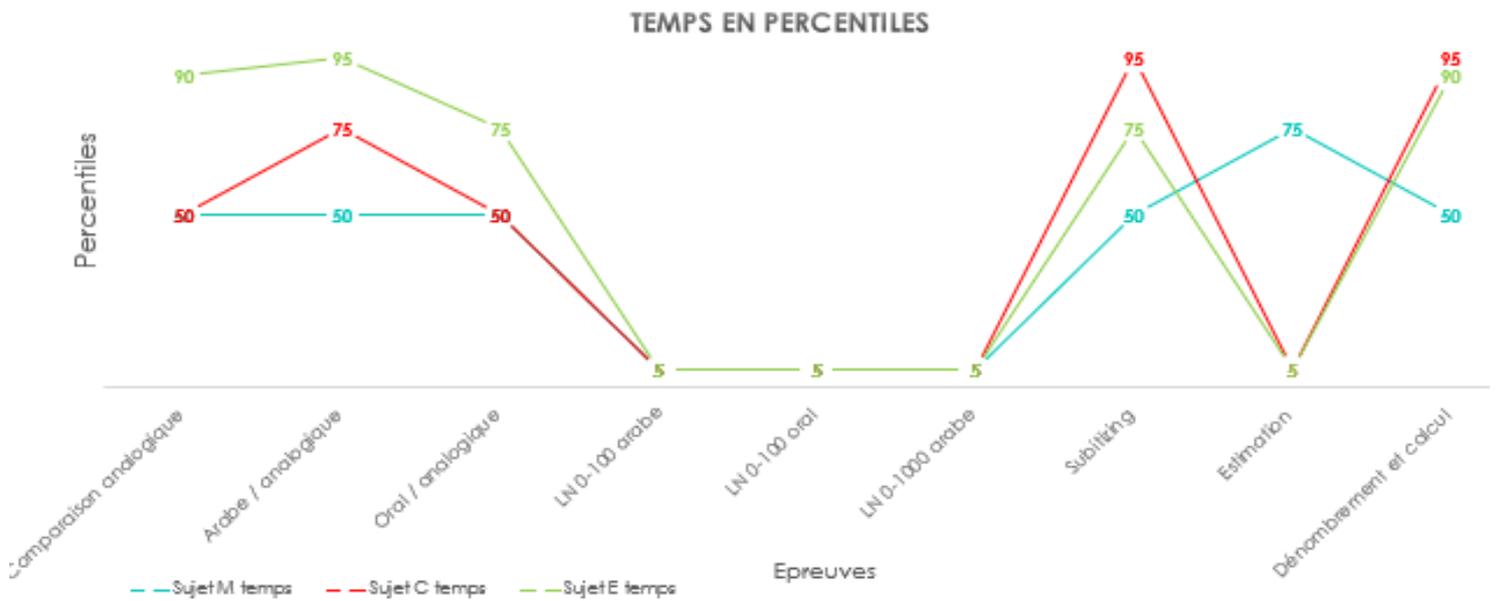


Figure 3 : Temps en percentiles aux épreuves d'habiletés numériques de base

L'objectif suivant était de comparer le sens du nombre chez le patient dyscalculique primaire et chez les patients avec TDA. Pour cela il faut comparer les scores aux épreuves des habiletés numériques de base.

### Sujet M

Le sujet M, dyscalculique primaire possède un score pathologique dans diverses épreuves. La première épreuve chutée est la comparaison analogique avec un score au P5.

Les petits nombres sont légèrement mieux traités (P10) que les grands. (P5) Le temps est correct pour les deux.

La seconde épreuve avec un score pathologique est la ligne numérique.

Sur les lignes de 0 à 100, la réalisation est plus difficile via le code indo-arabe (P5), que via le code oral (P50). Sur la ligne de 0 à 1000, seul le code indo-arabe est présenté et le score est pathologique également.

Le temps de réponse est très lent pour les trois sous-épreuves citées. (P5)

Dans le domaine de l'identification de quantités, M possède un bon subitizing (P95) et un temps dans la moyenne.

L'estimation de points en revanche est pathologique malgré un temps de réponse supérieur à la moyenne (P75).

L'estimation pragmatique est bien meilleure. (P75)

La dernière épreuve pathologique est celle du dénombrement et du calcul. Quelques résultats sont bons, cependant la stratégie de dénombrement de la collection est mauvaise ; le comptage visuel est utilisé.

Lorsqu'il s'agit d'une production de collection, tous les points ne sont pas accordés car les stratégies sont absentes, M ajoute un à un les objets.

M réussit tout de même les épreuves concernant les liens entre code analogique et codes symboliques. Il est meilleur en relation oral / analogique (P75), qu'en indo-arabe / analogique (P50).

Dans chacune de ces relations, M s'en sort mieux lorsque la comparaison se fait sur des grands nombres.

Cette amélioration sur l'oral s'observe également dans le test de la ligne numérique de 0 à 100 avec code oral.

Les deux sujets avec un TDA ne sont cette fois-ci pas complètement similaires quant aux scores, mais se rejoignent sur de nombreux points.

### Sujet C :

En regardant l'histogramme, on s'aperçoit que C n'est pathologique dans aucune épreuve. En comparaison analogique son score est nettement au-dessus de la moyenne (P95) avec un avantage pour les grands nombres (P95) plutôt que pour les petits (P25). Le temps de réponse est correct pour les deux.

Les relations entre code analogique et codes symboliques sont en dessous de la moyenne mais restent correctes avec un score au P25 pour le code oral et le code indo-arabe. Nous pouvons noter un meilleur score lorsqu'il s'agit de la comparaison de petits nombres au contraire de M. Quel que soit le code ou la grandeur des nombres, le temps reste dans la moyenne. Pour ce qui est de la ligne numérique mentale : sur une ligne allant de 0 à 100 le placement est meilleur avec le code oral (P75) qu'avec le code indo-arabe (P25). Le score est dans la moyenne concernant la ligne numérique de 0 à 1000.

En revanche pour les trois lignes numériques mentales proposées, le temps de réponse est pathologique. Dans le domaine de l'identification de quantité, le subitizing est bon (P95) ainsi que le temps de réponse (P50).

L'estimation de points est faible mais pas pathologique (P25), le temps en revanche est très lent. (P5) Dans le dénombrement et le calcul on note une faiblesse dans l'identification d'une collection car les stratégies utilisées ne sont pas toujours les bonnes. En revanche la production de collection est au-dessus de la moyenne (P95).

### Sujet E

Le sujet E, lui aussi atteint de TDA, présente des scores pathologiques dans de nombreuses épreuves. La comparaison analogique est atteinte (P5). On note cependant, comme pour C, un avantage pour les grands nombres (P75) plutôt que pour les petits (P5). Le temps de réponse est rapide pour les deux. (Respectivement P90 et P95)

Les relations entre code analogique et codes symboliques sont également pathologiques. Il n'y a pas de différences de score entre le code oral et le code indo-arabe. Il n'y a pas d'écart notable entre les grands et petits nombres lors des comparaisons.

Les temps de réponse sont majoritairement supérieurs à la moyenne.

Concernant les lignes numériques, toutes celles traitées via le code indo-arabe sont pathologiques, le temps de réponse également.

La seule ligne numérique maîtrisée est celle allant de 0 à 100 via le code oral (P75). Le temps de réponse reste cependant très faible (P5).

Dans le domaine de l'identification de quantité une épreuve sur les trois est pathologique. Il s'agit de l'estimation de points pour laquelle le temps de réponse a été très lent (P5).

Le subitizing est cependant très faible (P10), mais avec un temps au-dessus de la moyenne. (P75).

L'estimation pragmatique est meilleure mais reste en dessous de la moyenne (P25).

Le dénombrement et le calcul sont également des épreuves avec un score pathologique.

L'identification et la production d'une collection sont au P5. Le temps de réponse en revanche est rapide (P90).

## DISCUSSION

Pour commencer nous allons discuter du premier objectif, qui est d'étudier le retentissement du TDA sur les performances en cognition mathématique

Il est important de noter que 3 profils d'enfants avec TDA avaient été retenus. La dernière passation n'a pu être réalisée, et concernait une jeune fille TDA et dysphasique. Choisir des enfants avec TDA avec des troubles associés différents nous permettait de savoir si le TDA est bel et bien la cause de certains échecs, indépendamment des troubles associés et de faire ressortir des difficultés communes.

Nous souhaitons également faire passer plus d'épreuves lors d'une deuxième rencontre avec les patients afin d'explorer plus de domaines de la cognition mathématique, notamment la numération. La situation sanitaire de ce début d'année 2020 ne nous a pas permis de tout effectuer.

Deux profils ont alors été gardés : C qui est atteint de TDA et de multiples troubles dys, ainsi que E un enfant TDA sans autre diagnostic, et deux modules ont été passés : « arithmétique » et « habiletés numériques de base ».

L'épreuve d'arithmétique qu'ils ont passée a servi à vérifier si des troubles du calcul étaient présents.

C a un score pathologique en opérations analogiques et un score très faible en fluences arithmétiques, son score est bon pour les mécanismes opératoires écrits.

E a également un score pathologique à la fois en opérations analogiques et en fluences arithmétiques. Cependant son score est bon pour les mécanismes opératoires écrits.

Les deux enfants TDA ont donc un profil similaire sur l'arithmétique.

Grâce à l'évaluation qualitative leurs réussites et leurs échecs peuvent s'expliquer ; on s'aperçoit que le trouble de l'attention et/ou l'hyperactivité sont directement impliqués dans les difficultés.

Pour les opérations analogiques, E et C n'ont pas réussi l'épreuve pour trois raisons principales.

La première est le retard dans les stratégies de comptage. E et C ne dénombraient pas le bon nombre de pingouins dans l'igloo au départ. Les deux sujets sont encore dans un comptage visuel, comme beaucoup de TDA (Massé & Nadeau, 2019a). Au-delà de 5 éléments, les enfants n'ont pas le temps de compter et la suite du calcul est alors impossible.

Ce dénombrement immature est assez typique d'une dyscalculie. Une étude longitudinale a testé des enfants atteints de dyscalculie à différents niveaux de leur scolarité, ainsi que des enfants sans trouble. Il s'avère que le groupe avec dyscalculiques montre dès le départ des stratégies d'enregistrement et de récupération dites primaires. De plus, pour ces enfants, de nombreuses années d'apprentissage seront nécessaires avant que les stratégies deviennent matures (Ostad, 1997).

La deuxième raison est le déficit d'attention soutenue. Il faut être concentré sur l'écran pour visualiser les pingouins, penser à compter ceux qui sont dans l'igloo, ceux qui entrent et ceux qui sortent. E et C ont tendance à décrocher le regard de l'écran, à se concentrer sur un autre détail de l'image, à avoir envie de discuter parfois. Perdant le fil, ils ne parviennent pas au résultat.

L'attention soutenue est l'une des quatre composantes de l'attention pouvant être touchées dans le TDA (Bouvard, 2016).

Lié à ce trouble attentionnel, on observe également un autre trouble ; celui de la mémoire de travail. Il a été objectivé que les enfants TDA ont des troubles de la mémoire de travail, notamment lorsqu'elle est non-verbale (Shallice et al., 2002) ce qui correspond tout à fait à la situation de ce subtest. Plusieurs auteurs tentent alors de trouver des solutions et donnent des conseils pédagogiques pour améliorer l'arithmétique et les mathématiques en général (Platt, 2007).

Pour effectuer le calcul, il faut retenir le nombre de pingouins au départ, mais bien souvent E a oublié ce nombre en se concentrant sur le nombre de pingouins qui entraient ou sortaient de l'igloo. E exprimait d'ailleurs cet oubli « oh j'ai oublié » « je sais plus ».

Le troisième type d'erreur est celui d'un calcul mental erroné de type «  $6+3 = 8$  ». Il est fréquent que les enfants TDA aient des problèmes dans le domaine du calcul mental parce qu'ils n'utilisent pas les bonnes stratégies (Wang et al., 2013), la bonne stratégie étant celle permettant d'arriver au résultat juste dans un minimum de temps.

Il est important de noter que cette épreuve est soumise au temps. Les pingouins apparaissent et disparaissent rapidement, ce qui donne une pression supplémentaire aux enfants lors du dénombrement mais aussi lors du calcul.

L'épreuve de fluences arithmétiques a également été difficile pour les deux sujets TDA, avec un score pathologique pour E et faible pour C. Un trouble est donc bel et bien présent au niveau des faits

arithmétiques.

Comme précisé dans le manuel de la batterie, un échec à ses épreuves révèle un déficit mnésique, plus particulièrement de la mémoire à long terme ; mais peut également révéler un déficit exécutif, ce qui correspond à E et C (Lafay & Helloin, 2016).

Mais leurs erreurs ne portent pas sur les mêmes fluences.

E ne réussit ni les additions ni les soustractions. C ne réussit pas les multiplications.

Cette différence peut s'expliquer par le plus jeune âge de E qui est donc moins à l'aise avec les additions et les soustractions que C qui les a plus étudiées. Lorsqu'on passe à l'étape des multiplications C est en échec, ce sont des opérations qui ont moins été travaillées et le retard s'observe.

La dernière épreuve de ce module concerne les mécanismes opératoires écrits. Suite aux déficits attentionnels, nous pouvions nous attendre à de grandes difficultés dans la pose d'opérations et dans la gestion des retenues que ce test exige. Lors d'une étude comparant des enfants avec TDA et un groupe contrôle, il a été démontré avec 4 subtests que le TDA entraîne des scores faibles révélant des troubles visuo-spatiaux importants malgré des temps de réponse plus rapides que le groupe contrôle. (Alpanda, 2015). Les capacités visuo-spatiales sont indispensables à la pose d'opérations ; pour que chaque élément soit à sa place dans l'opération, que les chiffres soient alignés en colonne, pour placer les retenues et écrire le résultat au bon endroit. Un trouble visuo-spatial engendre d'ailleurs des symptômes de la dyscalculie spatiale (David C. Geary & Hoard, 2004). Ces études vont à l'encontre des résultats de E et C qui ont un score identique et très correct dans cette épreuve de mécanismes opératoires écrits.

Dans cet exercice il n'y a aucune contrainte de temps, les sujets peuvent prendre le temps qu'ils veulent pour répondre, et celui-ci n'est pas notifié dans les résultats. En prenant leur temps, leurs scores sont alors meilleurs que dans les deux exercices précédents.

La contrainte de temps est un facteur important pour les enfants TDA. Ces derniers ont beaucoup de difficulté à gérer le temps. Lorsqu'on leur annonce qu'ils ont un temps imposé, leur impulsivité va s'aggraver par l'altération de la perception du temps. N'arrivant pas à mesurer le temps restant, ils répondent au plus vite. Lorsqu'il n'y a pas de contrainte temporelle et qu'ils le savent, l'impulsivité s'amoindrie. C'est pour cela que dans les adaptations pédagogiques les exercices chronométrés sont souvent abandonnés, et que des astuces (utiliser un minuteur/ timer visuel) sont à préconiser (Massé & Nadeau, 2019a).

Malgré leur bon score, il y a des erreurs. Tous les deux bloquent sur la soustraction avec retenue. E et C vont adopter la même stratégie, qui est d'inverser les nombres, pour éviter la retenue : « 4-8 je

peux pas » « alors je fais  $8-4 = 4$  ». Tous les deux s'allègent d'une contrainte pour continuer ou utilisent une stratégie connue dans l'addition où la place des 2 termes est équivalente.

D'après la littérature et toutes les anciennes études menées, nous nous attendions à ce trouble du calcul chez les enfants avec TDA. A partir de l'analyse qualitative liée aux analyses quantitatives, il est intéressant de voir quels sont les processus cognitifs, inhérents au TDA, qui entraînent ces difficultés. Jusqu'ici nous pouvons relever le déficit d'attention soutenue et le déficit en mémoire de travail. A cela se rajoute un retard dans les stratégies de comptage avec utilisation d'un comptage immature. La pression temporelle, et le stress généré par la situation d'évaluation accentuent les difficultés que peuvent avoir ces enfants.

Nous pouvons souligner que les épreuves d'arithmétique sont autant chutées que pour le patient M qui lui est atteint d'un trouble spécifique des mathématiques. En effet les scores des enfants TDA sont plus faibles en opérations analogiques et aussi faibles en fluence arithmétique, montrant ainsi que l'impact du TDA est massif. On imagine alors qu'en mathématiques, les apprentissages et la réussite scolaire sont aussi complexes que pour le patient M.

Nous allons maintenant discuter de l'objectif secondaire. Il consiste à comparer le sens du nombre des enfants avec TDA à celui du patient dyscalculique primaire. Pour cela nous allons analyser les résultats des sujets E et C en comparaison du sujet M dyscalculique primaire.

Concernant M, nous savons par la théorie que son sens du nombre est atteint (Lafay et al., 2015). Nous allons tout de même expliquer ses résultats afin de pouvoir comparer avec les sujets TDA. On remarque que le sujet dyscalculique a de nombreuses difficultés qui rendent ses habiletés numériques de base, pathologiques. Ceci se confirme dans les épreuves purement analogiques comme la comparaison analogique, et l'estimation de points ; ce qui montre que lorsqu'il n'y a pas le support d'un code symbolique, M a du mal à percevoir la magnitude d'une collection de points. D'après la littérature, nous nous attendions à un score faible lors de cette épreuve. Comme le prouve une étude de 2011, les dyscalculiques ne possèdent pas une aussi bonne capacité à estimer (Schleifer & Landerl, 2011). On observe pourtant un score au-dessus de la moyenne dans cet exercice. Cependant, ce score ne doit pas être analysé seul. Les collections données sont très petites, M est en CM1 et les a étudiées de nombreuses fois. De plus, dans une épreuve suivante qui concerne le dénombrement, on se rend compte que M n'utilise pas instinctivement ce subitizing pour dénombrer rapidement une collection ; le comptage visuel est utilisé. Le subitizing n'est donc pas réellement acquis au contraire de ce que l'on peut voir sur l'histogramme ; ce qui implique que les épreuves de dénombrement et du calcul soient pathologiques. L'identification d'une collection, ainsi que la

production sont atteintes car une mauvaise stratégie est mise en place.

Les lignes numériques mentales testées avec le code indo-arabe, de 0 à 100 et de 0 à 1000 sont dans un score pathologique. Celle de 0 à 100 avec code oral est dans la moyenne. L'oral est donc facilitateur pour M dans ce contexte.

D'autres épreuves sont réussies. Parmi elles, il y a les relations entre code analogique et codes symboliques. Comme pour la ligne numérique, on note alors que les codes symboliques soutiennent l'analogique. Et encore une fois c'est l'oral / analogique qui est meilleur pour le sujet M.

En ce qui concerne les temps de réponse du sujet M, ils sont toujours dans la moyenne. Seules deux épreuves sortent du lot.

Les lignes numériques ont été échouées et le temps de réponse pour celles-ci également. L'estimation pragmatique a été réussie, avec un temps de réponse plus rapide que la moyenne. Les difficultés et les temps de réponse sont en adéquation chez ce sujet.

Avec cette analyse, on confirme que le sujet M est dyscalculique primaire, il y a une atteinte de l'analogie avec un déficit du système numérique approximatif (SNA) Cette atteinte est soutenue par les codes symboliques, notamment le code oral, meilleur que l'indo-arabe. Ce qui est intéressant après avoir analysé ses résultats est de pouvoir les comparer avec ceux des sujets atteints de TDA.

Suivant la littérature, les deux sujets TDA ne devraient pas suivre le même profil et être à un niveau supérieur dans les habiletés numériques de base, afin de mettre de côté une dyscalculie primaire. Mazeau inclut d'ailleurs le TDA comme l'un des facteurs d'une dyscalculie secondaire. (Mazeau, 2017)

Cependant, en se rapportant au graphique nous pouvons voir que les sujets E et C ont tout de même des scores faibles et/ ou pathologiques sur certaines épreuves. Mais ces échecs sont différents de ceux de M.

Épreuve par épreuve nous allons tenter d'expliquer les échecs inattendus de ces deux sujets.

Lors de la comparaison analogique, E a un score pathologique notamment pour les petits nombres et un score correct pour les grands nombres.

Les temps de réponse sont très rapides.

Examath est un bilan informatisé dans lequel les patients répondent en appuyant sur le clavier. Le sujet E dans cette épreuve, s'est précipité sur les touches, ce qui explique son temps rapide. Cependant il ne s'est pas concentré sur la consigne ni sur les informations données.

Dans cette épreuve de comparaison, à l'affichage du premier choix E donnait la réponse avant même

que le deuxième choix lui soit présenté. Entre l'épreuve sur les petits nombres et celle sur les grands nombres, nous lui avons répété la consigne. La deuxième étape s'est donc mieux déroulée. Il se peut que le temps d'adaptation et de concentration soit en cause dans l'échec sur les petits nombres. Cependant, on remarque que le sujet C qui a un score et un temps correct, est également plus performant sur les grands nombres que sur les petits.

Concernant les épreuves de relation entre analogique et symbolique, quel que soit le code symbolique utilisé, E a un score pathologique, son temps est rapide pour le code indo-arabe et faible pour le code oral. Là encore son déficit s'explique par son impulsivité. Au même titre que pour l'épreuve précédente, E appuyait sur les touches avant même d'obtenir les deux choix, ce qui explique sa rapidité et ses erreurs. Ici c'est également son TDA, notamment son manque d'inhibition et son impulsivité qui engendrent des difficultés. Ces notions sont d'ailleurs présentes dans les critères de diagnostic du DSM-V. Dans la catégorie hyperactivité / impulsivité ; on peut lire parmi les 9 items : « laisse souvent échapper une réponse à une question qui n'est pas entièrement posée » (2013). Ce critère comprend les réponses orales mais aussi les réponses informatisées.

Pour expliquer l'échec et le temps d'adaptation dans ces deux épreuves, deux hypothèses existent, l'une n'excluant pas l'autre.

Arrivé à ce stade du bilan, E avait déjà répondu à de nombreuses consignes différentes. Nous observons qu'il a des difficultés à exécuter la consigne. Un enfant TDA a des difficultés dans les fonctions exécutives (Willcutt et al., 2005) parmi elles se trouve la flexibilité mentale qui nous permet de s'adapter, de passer d'une tâche à une autre. Il est possible que sa flexibilité mentale soit atteinte et qu'une surcharge cognitive se crée. Cependant ce déficit de flexibilité n'a été prouvé que chez les adultes avec TDA (Roshani et al., 2020).

La seconde hypothèse est une incompréhension de la consigne écrite. En effet, dans une étude de 2016 il a été montré que les enfants avec TDA ont des difficultés de décodage influant ainsi sur la compréhension de la lecture (Günther et al., 2016).

Concernant les identifications de quantités, E a des scores pathologiques pour l'estimation de points et un score faible pour le subitizing. Ceci s'explique par la difficulté de concentration de E liée à la contrainte de temps. Sachant que l'image s'affiche comme un flash, E manquait très souvent l'image. Les réponses finalement données étaient souvent données au hasard.

Pour toutes les épreuves où les images sont brièvement projetées, nous nous attendions à des erreurs. Il a été objectivé, via un test spécifique, que les enfants avec TDA ont un déficit de la fonction de

vigilance lors d'une étude en 2002. Les résultats montraient un temps de réponse rapide et proche du groupe contrôle, mais le taux de réponses fausses était beaucoup plus important (Shallice et al., 2002).

Pour les lignes numériques mentales, C et E ont un temps pathologique, ils sont trop lents pour placer les items. Plusieurs fois ils ne répondent pas à temps et ne placent pas l'item sur la ligne au bon moment. Ici encore, ils ne savent pas gérer le temps et leur trouble de l'attention les empêche de mener à bien l'activité.

L'estimation pragmatique est meilleure pour les deux sujets, il n'y a pas de contrainte de temps pour cette épreuve. De plus elle se rapproche de la réalité et est donc plus simple. Cette utilisation du sens du nombre en contexte montre que celui-ci n'est pas complètement atteint.

« Dénombrement et calcul » est la dernière épreuve passée, on y trouve une forte implication de la mémoire de travail. Les deux subtests demandent une série d'opérations où le dernier résultat doit être mémorisé et réutilisé. Chez E et C s'ajoute le comptage immature, créant ainsi une surcharge attentionnelle.

Pour de nombreuses épreuves, les patients devaient mobiliser leur attention divisée. La réponse nécessitait de regarder l'écran, de suivre ce qui s'y passait, de placer les doigts et de trouver les bonnes touches du clavier d'ordinateur et/ou de maîtriser la souris. Toutes ces actions se faisaient dans un même temps et rapidement. Pour les enfants avec TDA cette attention divisée est amoindrie (Bouvard, 2016), ce qui a participé à certains échecs inattendus.

En regard des résultats avancés, nous avons pu discuter de la littérature, tous les résultats attendus n'ont pas été ceux obtenus. Mais cette différence peut s'expliquer par tous les troubles engendrés par le TDA. Le déficit d'attention soutenue et divisée ainsi que l'impulsivité font partie des symptômes. A cela s'ajoutent un déficit de mémoire de travail et un défaut d'inhibition. Selon certains auteurs ces processus sont d'ailleurs liés et sont le symptôme d'une anomalie du cortex frontal droit, présente chez les enfants TDA (Clark et al., 2007). Ces facteurs vont impacter l'enfant dans ses capacités de calcul. Quant aux habiletés numériques de base, leur évaluation est impactée, mais au contraire du sujet M, nous trouvons des explications permettant d'exclure une dyscalculie primaire.

Le dernier objectif consistait à établir un profil mathématique spécifique des enfants avec TDA. Pour cela, il faut rapprocher les analyses quantitatives et qualitatives des deux sujets TDA, toujours en comparaison avec le sujet dyscalculique primaire.

Il est difficile d'établir un réel profil mais des similarités peuvent être relevées afin de connaître les épreuves intéressantes et de mieux choisir les modalités de passation.

- Les calculs, dont les fluences arithmétiques seront à tester, pour objectiver et préciser une plainte.
- Les exercices de dénombrement dont le subitizing serviront à savoir où en est l'enfant dans ses stratégies de comptage. Savoir si elles sont matures ou immatures nous aidera à analyser certaines performances dans les modules d'arithmétique et d'habiletés numériques de base.
- Les trois codes : analogique et symboliques nécessitent également une évaluation fine, car un TDA peut également être atteint d'une dyscalculie primaire.
- Il faudra être attentif aux comportements des sujets lors de l'évaluation. Le but étant de savoir si les habiletés numériques de base sont réellement atteintes ou si, comme pour E et C, leur TDA empêche la réussite des tests. Pour cela il faut prendre conscience de la notion de temps dans l'évaluation. En effet, on observe des troubles sur toutes les épreuves chronométrées. Le temps est important à prendre en compte pour repérer leur impulsivité. Refaire l'épreuve ou certains items sans chronomètre permettrait de vérifier si l'enfant réussit et donc s'il possède réellement ou non les capacités testées.

### Les limites

Nous allons désormais discuter des limites possibles de cette étude.

Si les résultats des habiletés numériques de base sont très faibles, mais que la dyscalculie est tout de même secondaire, c'est que le test utilisé n'est pas totalement adapté aux sujets étudiés.

En effet, Examath étant informatisé et les épreuves étant soumises au temps, nous ne pouvons pas gérer les temps de réponses, ni faire de pause pour recadrer l'enfant, pour le canaliser. Il est pourtant nécessaire de laisser un temps d'adaptation et de concentration à l'enfant. Ils peuvent alors obtenir un score pathologique sur une épreuve qu'ils maîtrisent pourtant hors évaluation. A contrario, ils peuvent réussir des épreuves qu'ils ne maîtrisent pas en temps normal. Ceci peut s'expliquer par le peu d'items demandés. En effet, un enfant peut réussir une épreuve de 6 items, car sa fenêtre attentionnelle le lui permet, mais il aurait échoué sur la même épreuve avec 15 items. Ainsi nous aurions pu voir le réel impact de son trouble de l'attention.

Cependant il existe très peu de batteries de mathématiques normées adaptées aux enfants de cet âge-là, qui traitent à la fois du calcul et des habiletés numériques de base. Examath reste le bilan le plus complet par les épreuves qu'il propose mais aussi par l'analyse détaillée des résultats fournis, ainsi que par la possibilité de chronométrage des épreuves. De plus, la cotation automatique nous permet de pouvoir observer l'enfant et ainsi d'avoir une évaluation qualitative sur la manière de réaliser les épreuves.

Le deuxième point à soulever dans les limites de cette étude est la médication des enfants avec TDA.

Lors de la passation des deux modules nous pouvons remarquer que certaines épreuves sont réussies alors que nous nous attendions à un faible résultat selon la littérature. Il est important de rappeler que les deux sujets avec TDA sont sous traitement, qu'ils ne l'ont pas interrompu pour la passation et que leurs déficits sont donc compensés par leur médicament. En l'absence de traitement probablement aurions-nous vu plus de difficultés.

De plus, la seule information recueillie est que les deux patients sont sous traitement. En revanche on ne sait ni depuis quand ce traitement est administré ni si le dosage est équilibré. Des différences dans la prise du traitement peuvent donner des différences dans les résultats, sans que nous ne l'ayons pris en compte.

Un dernier point concerne le suivi rééducatif des enfants.

Les trois enfants ne sont pas suivis depuis le même nombre d'années. M. a été suivi pour sa dyscalculie et a donc déjà travaillé spécifiquement les mathématiques au contraire de E et C qui sont suivis pour leur trouble de l'attention.

Aurions-nous observé plus de difficultés et d'autres comportements chez des enfants non pris en soins ?

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Suite au peu de recherches entre la cognition mathématique et le Trouble Déficitaire de l'Attention avec ou sans hyperactivité, nous nous sommes intéressés aux liens possibles entre ces deux pathologies et plus précisément à l'impact du TDA sur la cognition mathématique. Nous avons recruté 3 enfants dont un enfant dyscalculique primaire, un enfant TDA et un TDA et multidys. Nous avons analysé et comparé de façon quantitative et qualitative leurs résultats sur deux modules de la batterie Examath. L'objectif premier était d'étudier le retentissement du TDA sur la cognition mathématique et les objectifs seconds étaient de comparer le sens du nombre des enfants TDA avec celui de l'enfant dyscalculique primaire, puis d'établir un profil mathématique type des enfants avec TDA.

Les résultats ont montré que les sujets TDA avaient des difficultés en arithmétique et que leurs performances sur les habiletés numériques de bases étaient également faibles contrairement à ce qui était attendu, sans pour autant présenter une atteinte du sens du nombre.

Grâce à l'analyse qualitative, on a remarqué que toutes les difficultés provenaient des nombreux déficits des processus sous-jacents, tels que l'attention soutenue ou divisée, les fonctions exécutives dont la mémoire de travail et la vigilance, ainsi que l'impulsivité. A ces déficits s'ajoutait une difficulté à gérer la contrainte du temps. L'ensemble de ces résultats montre également que les difficultés des patients TDA sont différentes de celles du patient dyscalculique primaire, mais sont tout aussi importantes et invalidantes et que leur médication n'estompe pas leurs difficultés.

L'évaluation de la cognition mathématique chez les enfants TDA est complexe. Etablir un profil mathématique précis pour ces enfants n'est donc pas chose aisée. Cependant des recommandations peuvent être faites comme bien choisir les épreuves et adapter les modalités de tests, notamment le chronométrage qui signe les difficultés des TDA. Cette analyse quantitative doit être complétée par une analyse qualitative (comportement de l'enfant, impulsivité) essentielle pour une bonne interprétation ; les scores n'étant pas toujours le reflet des réelles compétences parasitées par les symptômes de leur trouble.

Une autre piste de réflexion serait à développer lorsqu'un patient venant pour une plainte en mathématiques présenterait des scores pathologiques en arithmétique et en habiletés numériques de base, avec des temps de réponses au-delà de la moyenne. Cela pourrait-il signer un TDA non diagnostiqué ?

Est-ce que les différences seraient aussi notables sur d'autres épreuves comme la résolution de problèmes ?

## BIBLIOGRAPHIE

- Alpanda, S. (2015). The Investigation of the Relationship between ADHD and Visual-spatial Functions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 2219-2225.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Clarendon Press/Oxford University Press.
- Badian, N. A. (1983). *Dyscalculia and nonverbal disorders of learning*.
- Barrouillet, P., & L epine, R. (2005). Working memory and children's use of retrieval to solve addition problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(3), 183-204.
- Benton, A., & Tranel, D. (1993). Visuo-perceptual, visuo-spatial, and visuo-constructive disorders. In *Clinical neuropsychology, 3rd ed* (p. 165-213). Oxford University Press.
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development*, 79(4), 1016-1031. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x>
- Bouvard, M. (2016). *Trouble D eficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivit e de l'enfant   l'adulte*.
- Bull, R., & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetical difficulties : Contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65(1), 1-24.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability : Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293. [https://doi.org/10.1207/S15326942DN1903\\_3](https://doi.org/10.1207/S15326942DN1903_3)
- Butterworth, B. (1999). *The Mathematical Brain*.
- Camos, V., Fayol, M., Lacert, P., Bardi, A., & Laquiere, C. (1998). *Le d enombrement chez des enfants dysphasiques et des enfants dyspraxiques*.

- Case, R., & Okamoto, Y. (1996). The role of central conceptual structures in the development of children's thought. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61(1-2).
- Clark, L., Blackwell, A. D., Aron, A. R., Turner, D. C., Dowson, J., Robbins, T. W., & Sahakian, B. J. (2007). Association Between Response Inhibition and Working Memory in Adult ADHD: A Link to Right Frontal Cortex Pathology? *Biological Psychiatry*, 61(12), 1395-1401. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.07.020>
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2000). *Un modèle anatomique et fonctionnel de l'arithmétique mentale*. 192-232.
- Devine, A., Soltész, F., Nobes, A., Goswami, U., & Szűcs, D. (2013). Gender differences in developmental dyscalculia depend on diagnostic criteria. *Learning and Instruction*, 27, 31-39.
- Fayol, M. (2013). *L'acquisition du nombre* (Presses Universitaires de France).
- Fazio, B. B. (1999). Arithmetic calculation, short-term memory, and language performance in children with specific language impairment : A 5-year follow-up. *Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR*, 42(2), 420-431.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307-314. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002>
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions : A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology. General*, 133(1), 101-135.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment : Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18(1), 1-16.
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities : Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114(2), 345-362. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.114.2.345>

- Geary, David C., & Hoard, M. K. (2004). *Learning Disabilities in Arithmetic and Mathematics Theoretical and Empirical Perspectives*.
- Gérard, C.-L. (1993). *L'enfant dysphasique*. De Boeck Supérieur.
- Geurts, H. M., Verté, S., Oosterlaan, J., Roeyers, H., & Sergeant, J. A. (2005). ADHD subtypes : Do they differ in their executive functioning profile? *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 20(4), 457-477.
- Günther, T., Peters, K., Scharke, W., Horbach, J., Kraatz, C., Herpertz-Dahlmann, B., Konrad, K., & Vloet, T. D. (2016). Attention and reading performance in children with ADHD, reading disorder and the combined condition. *Zeitschrift Fur Kinder- Und Jugendpsychiatrie Und Psychotherapie*, 44(5), 351-363.
- INSERM. (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques*.
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382-10385.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.0812142106>
- Jensen, P. S., Mrazek, D., Knapp, P. K., Steinberg, L., Pfeffer, C., Schowalter, J., & Shapiro, T. (1997). Evolution and revolution in child psychiatry : ADHD as a disorder of adaptation. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 36(12).  
<https://doi.org/10.1097/00004583-199712000-00015>
- Kosc, L. (1974). Developmental Dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7(3), 164-177.
- Lafay, A., & Cattini, J. (2018). Analyse psychométrique des tests en mathématiques. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology (CJSLPA)*, 42.
- Lafay, A., & Helloin, M.-C. (2016). *Examath 8-15, batterie informatisée d'examen des habiletés mathématiques*. Grenade : HappyNeuron.
- Lafay, A., Saint-Pierre, M.-C., & Macoir, J. (2015). Revue narrative de littérature relative aux troubles cognitifs numériques impliqués dans la dyscalculie développementale : Déficit du

- sens du nombre ou déficit de l'accès aux représentations numériques mentales? *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 56(1), 96-107.
- Lafay, A., St-Pierre, M.-C., & Macoir, J. (2014). L'évaluation des habiletés mathématiques de l'enfant : Inventaire critique des outils disponibles. *Glossa*, 116, 33-58.
- Legeay, & Morel. (2003). Différentes définitions de la dyscalculie liées à des champs théoriques divers. *L'orthophoniste*, 227, 16-26.
- Lucangeli, D., & Cabrele, S. (2006). Mathematical difficulties and ADHD. *Exceptionality*, 14(1), 53-62.
- Luria, A. (1978). *Les fonctions corticales supérieures de l'homme* (Presses Universitaires de France).
- Massé, L., & Nadeau, M.-F. (2019a). Comment aider les élèves ayant un TDAH à mieux réussir en mathématique ? *La foucade*, 19(2), 99-102.
- Massé, L., & Nadeau, M.-F. (2019b). Comment aider les élèves présentant un TDAH à mieux réussir en lecture ? *La foucade*.
- Masseti, G. M., Lahey, B. B., Pelham, W. E., Loney, J., Ehrhardt, A., Lee, S. S., & Kipp, H. (2008). Academic achievement over 8 years among children who met modified criteria for attention-deficit/hyperactivity disorder at 4-6 years of age. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 36(3), 399-410.
- Mayes, S. D., & Calhoun, S. L. (2006). Frequency of reading, math, and writing disabilities in children with clinical disorders. *Learning and Individual Differences*, 16(2), 145-157.  
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.07.004>
- Mazeau, M. (2005). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages : Du symptôme à la rééducation*. Elsevier Masson.
- Mazeau, M. (2017). *Du « logicomathématique » aux dyscalculies*. 13-35.
- Ménissier, A. (2014). *Du glissement de l'appellation logico-mathématique à celle de cognition mathématique : Quelles incidences sur la prise en charge ?* Les entretiens de bichat.

<https://www.lesentretiensdebichat.com/qcm/2014-du-glissement-lappellation-logico-mathematique-celle-cognition-mathematique-quelles>

- Neault, I., & Guay, M.-C. (2006). *Ces enfants qui souffrent en silence de la dyslexie : Un diagnostic méconnu, souvent tardif et confondu avec le TDAH*. 36, 129-147.
- Nomenclature générale des Actes Professionnels ( NGAP)*. (1992).
- Ostad, S. A. (1997). Developmental differences in addition strategies : A comparison of mathematically disabled and mathematically normal children. *British Journal of Educational Psychology*, 67(3), 345-357.
- Plamondon, A. (2019). *Les fonctions exécutives et le TDAH*. 19(2).
- Platt, A. (2007). *ADHD and Math Disabilities : Cognitive Similarities and Instructional*.
- Purvis, K. L., & Tannock, R. (1997). Language Abilities in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Reading Disabilities, and Normal Controls. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 25(2), 133-144. <https://doi.org/10.1023/A:1025731529006>
- Restle, F. (1970). Speed of adding and comparing numbers. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 274-278. <https://doi.org/10.1037/h0028573>
- Roshani, F., Piri, R., Malek, A., Michel, T. M., & Vafae, M. S. (2020). Comparison of cognitive flexibility, appropriate risk-taking and reaction time in individuals with and without adult ADHD. *Psychiatry Research*, 284. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.112494>
- Roux, M.-O. (2009). À propos de la dyscalculie spatiale : Une contribution clinique. *La psychiatrie de l'enfant*, Vol. 52(2), 495-516.
- Schleifer, P., & Landerl, K. (2011). Subitizing and counting in typical and atypical development. *Developmental Science*, 14(2), 280-291.
- Semrud-Clikeman, M., Biederman, J., Sprich-Buckminster, S., Lehman, B. K., Faraone, S. V., & Norman, D. (1992). Comorbidity between ADDH and learning disability : A review and

report in a clinically referred sample. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 31(3), 439-448.

Shalev, R., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2005). Shalev RS, Manor O, Gross-Tsur V. Developmental dyscalculia : A prospective six-year follow-up. *Developmental medicine and child neurology*, 47.

Shalev, R. S. (1997). Neuropsychological Aspects of Developmental Dyscalculia. *Mathematical Cognition*, 3(2), 105-120.

Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia : Prevalence and prognosis. *European Child & Adolescent Psychiatry*.

Shallice, T., Marzocchi, G. M., Coser, S., Del Savio, M., Meuter, R. F., & Rumiati, R. I. (2002).

Executive function profile of children with attention deficit hyperactivity disorder.

*Developmental Neuropsychology*, 21(1), 43-71.

[https://doi.org/10.1207/S15326942DN2101\\_3](https://doi.org/10.1207/S15326942DN2101_3)

Thevenot, C., Barrouillet, P., & Fayol, M. (2001). Algorithmic Solution of Arithmetic Problems and

Operands-Answer Associations in Long-Term Memory. *The Quarterly Journal of*

*Experimental Psychology Section A*, 54(2), 599-611. <https://doi.org/10.1080/713755966>

Thomas, J., Vaz-Cerniglia, C., & Willems, G. (2007). *Troubles de l'attention chez l'enfant*. Elsevier.

von Aster. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation :

Varieties of developmental dyscalculia. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 11(4), 41-57.

<https://doi.org/10.1007/s007870070008>

Wang, D., Dong, X., Ren, Y., Wang, S., Yang, S., Tu, W., Huang, J., Shen, H., Yi, Y., & Jiang, K.

(2013). Mathematical cognitive function in children with attention deficit hyperactivity

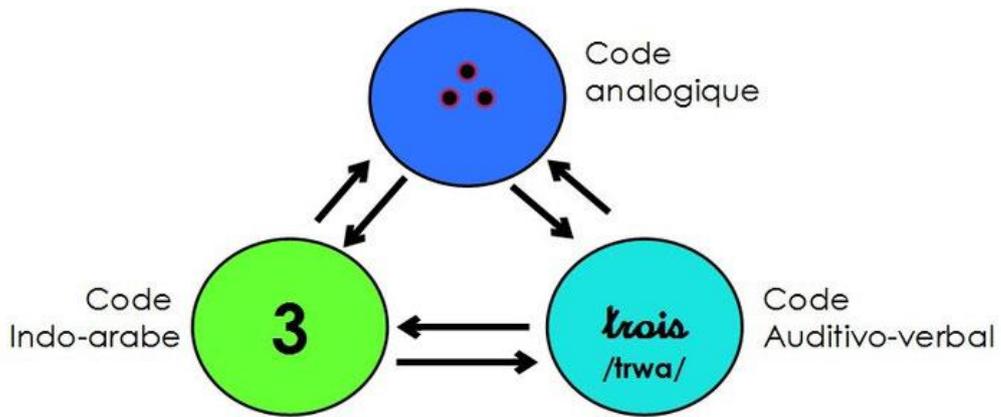
disorder : A behavior and event-related potential study. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 93(20),

1555-1558.

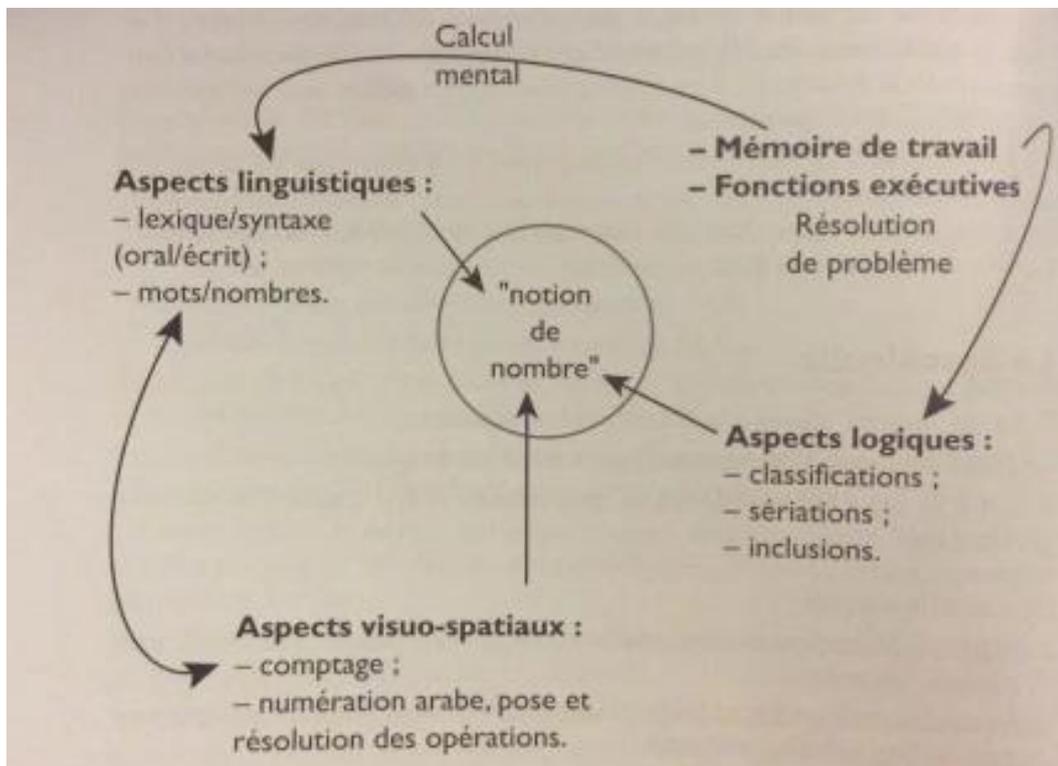
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder : A meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1336-1346.
- Wood, A. C., Asherson, P., Rijdsdijk, F., & Kuntsi, J. (2009). Is Overactivity a Core Feature in ADHD? Familial and Receiver Operating Characteristic Curve Analysis of Mechanically Assessed Activity Level. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 48(10), 1023-1030.
- Zelazo, P. D., Qu, L., & Müller, U. (2005). Hot and cool aspects of executive function : Relations in early development. In *Young children's cognitive development : Interrelationships among executive functioning, working memory, verbal ability, and theory of mind* (p. 71-93). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Zentall, S. (2007). Math performance of students with ADHD : Cognitive and behavioral contributors and interventions. *Why is math so hard for some children?*, 219-243.

# ANNEXES

## 1. Annexe A : Modèle du Triple Code de Dehaene (1992)



## 2. Annexe B : Principales fonctions exécutives engagées dans les activités arithmétiques, selon M. Mazeau (2017)



3. Annexe C : Résumé « Analyser, comprendre et travailler les problèmes arithmétiques », selon A. Ménissier

**Résumé :**

*La résolution de problèmes est une activité qui intègre de nombreuses fonctions comme la perception, la mémoire, la compréhension ou le raisonnement. Mais elle implique aussi d'exercer une véritable fonction de contrôle, puisqu'elle nécessite des réorientations et de nouvelles représentations et interprétations selon les résultats des actions entreprises. Comprendre l'activité de résolution de problèmes est donc fondamental dans la prise en charge des troubles de la cognition mathématique. Pour ce faire, la démarche d'aide doit s'appuyer non seulement sur une analyse qui référence chaque classe et chaque type de problèmes, mais aussi sur la nature et les caractéristiques propres à chaque problème particulier. Parallèlement, le praticien devra appréhender l'activité mentale du sujet et décrypter le plus finement possible la manière dont celui-ci interagit avec la situation présentée : comment se représente-t-il le problème ? Quelles sont les informations auxquelles il peut accéder ? Dispose-t-il de moyens de traitement efficaces tels que planification, procédures, stratégies lui permettant de trouver une solution ? Ainsi, si le clinicien veut accompagner les enfants et les adolescents dans leur appropriation du domaine mathématique, il doit d'une part leur présenter des situations de résolution qui permettent de mobiliser leurs connaissances et d'autre part savoir quel rôle joue le contexte de la situation dans le processus d'interprétation : aider l'autre à accéder à la représentation, c'est avant tout connaître ce qui, dans un contexte donné, facilite ou perturbe la mise en place de cette représentation.*

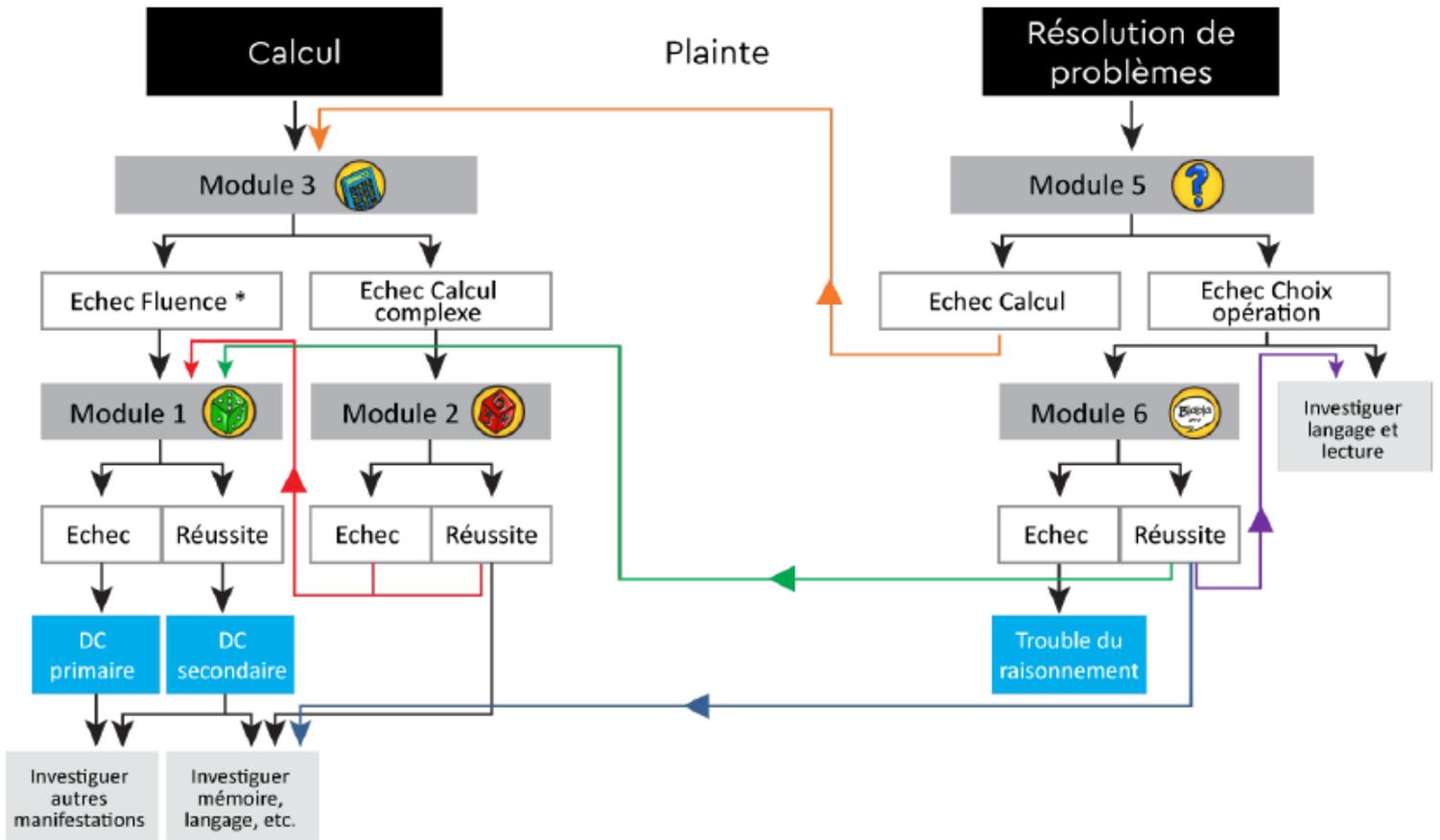
4. Annexe D : Les différentes étapes de résolution d'un problème, selon A.Ménissier

1. La traduction d'un problème
2. L'intégration des données
3. La stratégie de résolution et la planification de la solution
4. L'exécution des calculs
5. L'auto-contrôle des actions exercées

5. Annexe E : Tableau comparatif des domaines évalués selon les batteries, selon A.Lafay et J.Cattini (2018)

Nom du test ou de la batterie	Traitement cognitif du nombre	Dénombrement	Numération et transcodage	Calcul	Résolution de problèmes	Langage et raisonnement
<b>Batteries ou tests évaluant spécifiquement les habiletés mathématiques</b>						
B-LM	+/-	+	+	+	+	+
ECPN		+				
ERLA		+	+(transcodage)		+	+
Examath 8-15	+	+	+	+	+	+
MathEval	+	+	+(transcodage)	+		
Numerical	+	+	+(transcodage)	+		+(vocabulaire math)
Protocole du calcul élémentaire				+		
Tedi-MATH	+	+	+	+	+	
Tedi-MATH Grands	+		+	+	+	+
TTR				+		
UDN 2			+(transcodage)	+		+(vocabulaire math)
WIAT-II				+	+	+
ZAREKI-R	+	+	+(transcodage)	+	+	

6. Annexe F : Démarche évaluative des troubles de la cognition mathématique selon A.Lafay et M-C Helloin (2016)



Chetcuti Lisa

## **Attention aux mathématiques : TDA et trouble de la cognition mathématique, quels liens ?**

Le Trouble Déficitaire de l'Attention avec ou sans hyperactivité (TDA) est un trouble de plus en plus repéré et de mieux en mieux diagnostiqué. Si son lien avec certains troubles des apprentissages, comme les troubles du langage écrit et oral, a été très étudié depuis des années, son lien avec les troubles de la cognition mathématique a peu intéressé les chercheurs par le passé. Notre intérêt a alors été éveillé sur la manière dont le TDA pouvait impacter les troubles de la cognition mathématique.

L'objectif principal était d'étudier le retentissement du TDA sur les performances en cognition mathématique, chez deux patients TDA, sous médication.

Nos objectifs secondaires étaient de comparer le sens du nombre entre les enfants TDA et un enfant dyscalculique primaire, et d'établir un profil mathématique type des enfants TDA. A cette fin, nous avons proposé deux modules de la batterie de tests informatisée Examath (Lafay, Helloin) à ces trois enfants scolarisés et âgés de 8 ans 10 mois à 10 ans 8 mois.

Nos résultats ont mis en évidence des troubles de la cognition mathématique sur les épreuves d'arithmétique et des habiletés numériques de base chez les enfants TDA testés, sans atteinte du sens du nombre.

Ces résultats permettent de souligner l'importance des modalités de passation des tests : choix des épreuves, prise en compte des processus cognitifs sous-jacents que sont les fonctions exécutives, des différentes attentions, de l'impulsivité mais aussi et surtout de la composante du temps. En effet le chronométrage a des répercussions sur les performances et signe les difficultés du TDA en cognition mathématique.

En repérant les spécificités des TDA, la prise en soins orthophonique permettra de développer les compétences en cognition mathématique et ainsi permettre un meilleur accès aux apprentissages.

**Mots-clés** : Trouble déficitaire de l'attention, Cognition mathématique, Prise en soins orthophoniques, Tests, Enfant

## **Pay attention to mathematics : ADD and mathematical cognition disorders, what links ?**

The Attention Deficit Disorder (ADD) either with or without hyperactivity is increasingly detected or diagnosed. While its connection with some learning disabilities such as language disorders, is well known for years, its connection with mathematical cognition disorders has never been a matter of great concern for the researchers. This unknown part aroused our curiosity and we aimed to study how ADD could impact the mathematical cognition disorders.

Our primary goal was to assess the impact of ADD on mathematical cognition performances among two patients presenting with ADD. These two patients were under treatment by the time of study. We then compared the number sense between children with ADD and a child suffering from primary dyscalculia in order to outline a mathematical profile corresponding to patients with ADD. For this purpose, we introduced two modules of tests to these three school children, aged from 8 years and 10 months to 10 years and 8 months. Please note that this test battery was Examath computerized (Lafay, Helloin).

What did our results reveal about the ADD's children we tested? We noticed that these children had mathematical cognition disorders on arithmetic tests but also, disorders in basic digital skills. The sense of number was, on its side, not impacted.

Those results allow us to highlight that the strategy of how to test is key: test selection, awareness of the underlying cognitive processes such as the executive functions, the various children's attention, the degree of impulsiveness, but more importantly the time element. Indeed, the timing has a significant impact on the performances and corroborates the ADD's disorders regarding mathematical cognition.

Through the identification of ADD features, the speech therapy will enable to increase the mathematical cognition's skills, thus giving a better access to learning.

**Keywords :** Attention Deficit Disorder, Mathematical cognition, Speech therapy, Test, Children