

Université Mouloud MAMMERI de Tizi ousou
Faculté des sciences humaines et des sciences sociales
Département des Sciences Sociales
Spécialité : Orthophonie



Evaluation des fonctions exécutives chez les enfants dyscalculiques et les enfants présentant des difficultés d'apprentissage du calcul .

Etude comparative et corrélationnelle entre 15 enfants dyscalculiques et 15 enfants en difficultés, âgés de 10 à 12 ans.

Mémoire présenté en vue de l'obtention d'un Master en :
Neurolinguistique clinique.

Réalisé par :

- Belkhir Assia
- Terbouche Thiziri

Encadré par :

-Dr Belhaouchet Karim

2019/2020

Remerciement

Le chemin menant à l'aboutissement d'un mémoire est souvent long et fastidieux. Bien heureusement, ce n'est pas un chemin solitaire, et on tenait à remercier plusieurs personnes qui ont parcouru cette voie avec nous.

Nous voudrions témoigner tout particulièrement nos reconnaissances au docteur BELHAOUCHET KARIM, Professeur à l'Université Mouloud Mammerie Tamda, qui a dirigé ce mémoire. Nous lui exprimons nos vifs remerciements pour l'aide constante durant l'élaboration de ce travail. Nous le remercions également pour ses conseils, ses compétences et sa qualité humaine.

Nous remercions toutes les personnes que nous n'avons pas pu citer ici et qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Un remerciement chaleureux aux enseignants et aux élèves qui ont participé à notre étude, sans eux ce mémoire ne serait pas.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes parents, pour qui vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mes attachements, mon amour et mes affections. Mes estimes pour eux sont immenses, je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi. Que dieu vous préserve une longue vie heureuse.

À mon chère frère TAREK qui s'est toujours sacrifié pour ma réussite. Qui m'a enveloppé de son amour et de son affection. Le guide de mes désirs, le donneur avec plaisir. Je remercie ainsi MEGANE et la petite princesse ALIAH.

À ma sœur chérie DALILA, ainsi que son mari AHMED, merci pour votre soutien et encouragements.

A tous mes amis, particulièrement NANI, l'ami de tous les jours, ainsi que ma binôme, je vous dédie ce travail et vous souhaite un avenir à la hauteur de vos ambitions. Que notre amitié dure.

Assia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de
l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure
bonne santé et longue vie.*

*A celui qui m'a soutenue tout au long de ce projet : Hassan, et bien
sur,*

*A mes frères Karim, Madjid et Massi, sans oublié ma sœur chérie
Lynda que j'admire trop.*

*A toutes mes copines Amel, Faroudja, Soraya, ainsi que mon binôme
Assia.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet
soit possible, je vous dis merci.*

Thiziri

TABLES DES MATIERES

CHAPITRE I : Difficulté d'apprentissage du calcul

I.	Définition du nombre :	Erreur ! Signet non défini.
II.	La genèse du nombre et des habiletés numériques chez l'enfant :	Erreur ! Signet non défini.
•	Le développement cognitif selon Piaget :	Erreur ! Signet non défini.
III.	Les premiers apprentissages numériques.	Erreur ! Signet non défini.
IV.	Processus de quantification :	Erreur ! Signet non défini.
V.	Localisation neuroanatomique des processus numériques et de calcul :	Erreur ! Signet non défini.
VI.	Les régions cérébrales du calcul :	Erreur ! Signet non défini.
VII.	L'origine de mot calcul :	Erreur ! Signet non défini.
VIII.	Définition du calculer :	Erreur ! Signet non défini.
IX.	Difficultés d'apprentissage :	Erreur ! Signet non défini.
X.	Deux facteurs cruciaux : l'origine sociale et l'environnement linguistique :	Erreur ! Signet non défini.
XI.	Difficultés d'apprentissage en mathématiques et Co-morbidité :	Erreur ! Signet non défini.
XII.	Prévalences des difficultés d'apprentissage en mathématiques :	Erreur ! Signet non défini.
XIII.	Les principes essentiels de l'apprentissage du calcul :	Erreur ! Signet non défini.
XIV.	Rôle des doigts dans le calcul:	Erreur ! Signet non défini.
XV.	Principes généraux d'enseignement :	Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE II : La Dyscalculie

	Introduction :	Erreur ! Signet non défini.
I.	Une brève Historique :	Erreur ! Signet non défini.
II.	Définition du trouble :	Erreur ! Signet non défini.
III.	Définition de la dyscalculie:	Erreur ! Signet non défini.
IV.	Les causes :	Erreur ! Signet non défini.
V.	Les signes de la dyscalculie :	Erreur ! Signet non défini.
VI.	Les différentes classifications de la dyscalculie :	Erreur ! Signet non défini.
•	La Classifications neuropsychologiques :	Erreur ! Signet non défini.
•	La classification anatomo-fonctionnelle de Rourke :	Erreur ! Signet non défini.
•	La classification cognitive :	Erreur ! Signet non défini.

- VII. Prévalence : Erreur ! Signet non défini.
- VIII. La dyscalculie et comorbidités : Erreur ! Signet non défini.
- IX. L'importance du diagnostic : Erreur ! Signet non défini.
- X. Diagnostic de dyscalculie : Erreur ! Signet non défini.
- XI. Les tests d'évaluations de la dyscalculie : Erreur ! Signet non défini.
- **ZAREKI-R** : Erreur ! Signet non défini.
 - **LE TEDI-MATH** : Erreur ! Signet non défini.
 - **LeNumerical** : Erreur ! Signet non défini.
 - **L'UDN-II** : Erreur ! Signet non défini.
- XII. Les prises en charge : Erreur ! Signet non défini.
- **-L orthophonie** Erreur ! Signet non défini.
- XIII. Objectifs de la rééducation orthophonique : Erreur ! Signet non défini.
- **Réaliser une situation globale** : Erreur ! Signet non défini.
 - **Développer les prérequis qui ne sont pas encore maîtrisés** : Erreur ! Signet non défini.
 - **Acquérir de nouvelles connaissances** : Erreur ! Signet non défini.
 - **Acquérir de nouvelles procédures** : Erreur ! Signet non défini.
 - **L'automatiser** : Erreur ! Signet non défini.
 - **Privilégier le transfert** : Erreur ! Signet non défini.
 - **Compenser les difficultés qui résistent au traitement** : Erreur ! Signet non défini.
- XIV. Les autres prises en charge : Erreur ! Signet non défini.
- XV. Grands axes thérapeutiques : Erreur ! Signet non défini.
- XVI. La déférence entre la difficulté d'apprentissage et les « dys » : Erreur ! Signet non défini.
- XVII. La dyscalculie et les fonctions exécutives : Erreur ! Signet non défini.
- **Rôle de l'inhibition dans la dyscalculie** : Erreur ! Signet non défini.
 - **Mémoire de travail et dyscalculie** : Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE III : Les fonctions exécutives

- I. Historique des fonctions exécutives : Erreur ! Signet non défini.
- II. Définition des fonctions exécutives Erreur ! Signet non défini.
- Définition selon Hongwanishkul, et Happaney: Erreur ! Signet non défini.
 - Définition selon Godefroy et le grefex : Erreur ! Signet non défini.
- III. La notion de fonctions exécutives Erreur ! Signet non défini.
- Planification Erreur ! Signet non défini.

- Flexibilité mentale : **Erreur ! Signet non défini.**
- Jugement : **Erreur ! Signet non défini.**
- Mise à jour : **Erreur ! Signet non défini.**
- Inhibition : **Erreur ! Signet non défini.**
- mémoire de travail : **Erreur ! Signet non défini.**
- IV. Fonction exécutive et mémoire de travail : **Erreur ! Signet non défini.**
- V. Rôle des fonctions exécutives : **Erreur ! Signet non défini.**
- VI. Régions principale responsables des fonctions exécutives : **Erreur ! Signet non défini.**
- VII. Les théories globales des fonctions exécutives : **Erreur ! Signet non défini.**
 - Modèle de Luria : **Erreur ! Signet non défini.**
- VIII. Le modèle de Hasher, Zacks et May (1999) **Erreur ! Signet non défini.**
 - Inhibition de filtrage : **Erreur ! Signet non défini.**
 - Inhibition de suppression : **Erreur ! Signet non défini.**
 - Inhibition de restriction **Erreur ! Signet non défini.**
 - Modèle de la MDT (Baddeley, 2000) : **Erreur ! Signet non défini.**
- IX. Développement des fonctions exécutives chez les enfants : **Erreur ! Signet non défini.**
 - La période préscolaire (3 à 5 ans) : **Erreur ! Signet non défini.**
 - La période scolaire (5ans -12ans) **Erreur ! Signet non défini.**
- X. Les troubles des fonctions exécutives (FE) : **Erreur ! Signet non défini.**
- XI. Principale caractéristique des fonctions exécutives chez l'enfant : **Erreur ! Signet non défini.**
 - Inhibition : **Erreur ! Signet non défini.**
 - Mémoire de travail : **Erreur ! Signet non défini.**
 - Flexibilité mental : **Erreur ! Signet non défini.**
- XII. Les fonctions exécutives et leur rôle central dans la réussite scolaire : **Erreur ! Signet non défini.**
- XIII. Tests d'évaluation des fonctions exécutives **Erreur ! Signet non défini.**
 - Test permettant d'évaluer globalement les fonctions exécutives : **Erreur ! Signet non défini.**
 - Tests permettant de mesurer la flexibilité mentale : **Erreur ! Signet non défini.**
 - Test permettant de mesurer la capacité d'inhibition : **Erreur ! Signet non défini.**
- 12.1 Test permettant de mesurer la capacité de planification : **Erreur ! Signet non défini.**
- XIV. Les fonctions exécutives et calcul: **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des tableaux

Tableau 01 : Le nom et l'adresse des établissements scolaires de notre étude.....	86
Tableau 02 : Présentation de la répartition des filles et garçons.....	87
Tableau 04: Présentation de la population des élèves.....	88
Tableau 05: Présentation de la population des élèves dyscalculiques.....	88
Tableau 06 : La répartition des scores obtenus selon le temps.....	92
Tableau 07: La répartition Gaussienne des résultats des élèves.....	98
Tableau 08: Répartition des scores des élèves.....	99
Tableau 09 : Présentation des résultats du test ZAREKI-R des enfants en difficultés.....	102
Tableau 10 : Les résultats du test ZAREKI-R des enfants dyscalculiques.....	102
Tableau 11 : Les résultats des fonctions exécutives des enfants en difficultés.....	103
Tableau 12 : Les résultats des fonctions exécutives des enfants dyscalculiques	104
Tableau 13 : Les résultats de comparaison entre les deux groupes.....	104
Tableau 14 : Les résultats de comparaison entre les items de la batterie Zareki-R et le calcul.....	105
Tableau 15 : Les résultats de comparaison des moyennes en FE, Groupe difficulté vs Groupe dyscalculie.....	107
Tableau 16 : Les valeurs R-deux du calcul avec les fonctions exécutives.....	109
Tableau 17 : Les valeurs ANOVA du calcul avec les fonctions exécutives....	109
Tableau 18 : La valeur bêta et les valeurs significatives du calcul avec les fonctions exécutives.....	109

Tableau 19 : Les valeurs R-deux du calcul avec les fonctions exécutives.....	109
Tableau 20 : Les valeurs ANOVA du calcul avec les fonctions exécutive.....	110
Tableau 21 : Les résultats de régression des fonctions exécutives sur le calcul chez les enfants dyscalculiques	110

Liste des figures

Figure 01 : Les premiers apprentissages numériques.....	18
Figure 02 : Schéma des circuits des processus neurocognitifs.....	22
Figure N°03 : Les régions cérébrales du calcul.....	22
Figure 04 : Les régions importantes activées lors d'une tâche numérique.....	23
Figure 05 : Les trois circuits pariétaux.....	37
Figure 06 : La ligne numérique des enfants.....	55
Figure 07 : Vue latérale du cortex préfrontal.....	66
Figure 08 : Modèle de Shallice et Norman.....	69
Figure 09 : Modèle de la Mémoire de Travail.....	73
Figure 10 : Représentation schématique d'un nouveau modèle de l'organisation.....	74
Figure 11 : Le plan de travail de notre recherche.....	85
Figure 12 : Histogramme de la normalité de distribution des scores.....	99
Figure 13 : Histogramme de la normalité de distribution des scores.....	100
Figure 14: Histogramme de la normalité de distribution des scores.....	101
Figure 15: Bougie de la normalité de distribution des scores.....	101
Figure 16 : Les scores des items du calcul chez les enfants en difficultés d'apprentissage les enfants dyscalculiques.....	106
Figure 17: Les scores des fonctions exécutives chez les enfants en difficultés d'apprentissage en calcul et les enfants dyscalculiques.....	108

La liste d'abréviation :

FE : fonctions exécutives.

MT : mémoire de travail.

TMT : trail-mating test.

DD : dyscalculie développemental.

MTD : mémoire de travail direct.

MTIND : mémoire de travail indirect.

ITC : cortex temporal inférieur.

IPS : sillon intra- pariétal.

SMA : aire motrice supplémentaire

DLPFC : cortex préfrontal dorsolatéral.

AG : gyrus angulaire.

ATC : cortex temporal antérieur.

PMC : cortex pré-moteur.

VLPFC: et cortex préfrontal ventro-latéral.

AI : isola antérieure.

MTL : cortex temporal médian.

BG : noyaux gris centraux.

MEQ : ministère éducation de Québec.

OCDE : organisation de coopération et de développement économiques.

MELS : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport .

CIM : Classification Statistique Internationale des Maladies.

DSM5 : manuel diagnostic statistique.

Résumé :

Notre travail de recherche à pour but, d'évaluer les fonctions exécutives chez les enfants dyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul. L'objectif général, de la présente étude est de mesurer l'impact de ces fonctions sur l'apprentissage du calcul, en s'appuyant sur la méthode quasi expérimentale, chez une population de 266 élèves de 3^{ème} année et 5^{ème} année primaire, dont nous avons sélectionné deux nos échantillon d'une façon stratifié de 15 dyscalculiques et 15 en difficultés, âgés de 10 à 12 ans, et nous avons appliqués plusieurs tests afin d'obtenir des résultats précis : test de Zareki-R (calcul), test de Stroop (inhibition), test de TMT (flexibilité mental), test de figure de Rey (planification), et test de mémoire de travail (Ladjal, Y.).

L'analyse statistique a démontré qu'il existe des différences statistiques entre nos deux groupes de travail au niveau des fonctions exécutives excepté l'inhibition en faveur du groupe en difficultés, ainsi que l'absence de toute corrélation entre les FE et les scores en calcul, sauf la mémoire de travail direct, ou nous avons constaté une corrélation mais aussi des différences intergroupes

Mots clés : apprentissage, calcul, difficulté d'apprentissage de calcul, fonction exécutive, inhibition, flexibilité mental, planification, dyscalculie.

ملخص :

يهدف بحثنا إلى تقييم الوظائف التنفيذية لدى الأطفال المصابين بعسر الحساب والذين يعانون من صعوبات في تعلم الحساب. الهدف العام من هذه الدراسة هو تقييم مدى تأثير هذه الوظائف على تعلم الحساب، بناءً على الطريقة شبه التجريبية، على مجموعة من 266 تلميذاً في الصف الثالث والخامس من المدرسة الابتدائية التي منها اخترنا بطريقة قصدية (15 عسر الحساب و 15 في الصعوبة، تتراوح أعمارهم بين 10 إلى 12 عاماً)، وقمنا بتطبيق عدة اختبارات من أجل الحصول على نتائج دقيقة: اختبار Zareki-R (حساب)، اختبار Stroop (تنشيط)، اختبار TMT (المرونة العقلية)، اختبار شخصية Rey (التخطيط)، واختبار الذاكرة العاملة (Ladjal, Y.). أظهر التحليل الإحصائي أن هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين مجموعتي العمل لدينا من حيث الوظائف التنفيذية باستثناء التنشيط لصالح المجموعة ذات الصعوبة، وكذلك عدم وجود أي ارتباط بين مجموعتي العمل والدرجات في الحساب، باستثناء الذاكرة العاملة المباشرة، حيث لاحظنا وجود ارتباط ولكن أيضاً اختلافات بين المجموعات

الكلمات المفتاحية:

التعلم، الحساب، صعوبة التعلم الحسابي، الوظيفة التنفيذية، التنشيط، المرونة الذهنية، التخطيط و عسر الحساب.

Summary :

Our research work aims to assess executive functions in children with dyscalculia and those with difficulty learning arithmetic. The general objective of this study is to measure the impact of these functions on the learning of arithmetic, based on the quasi-experimental method, in a population of 266 pupils of 3rd year and 5th year of primary school, including we selected two of our samples in a stratified way of 15 dyscalculic and 15 in difficulty, aged 10 to 12 years, and we applied several tests in order to obtain precise results: test of Zareki-R (calculation), test Stroop's test (inhibition), TMT test (mental flexibility), Rey figure test (planning), and working memory test (Ladjal, Y.).

The statistical analysis showed that there are statistical differences between our two working groups in terms of executive functions except the inhibition in favor of the group in difficulty, as well as the absence of any correlation between the EF and the scores in calculation, except direct working memory, where we found a correlation but also intergroup differences.

Keywords:

learning, arithmetic, difficulty learning arithmetic, executive function, inhibition, mental flexibility, planning dyscalculia.

Introduction

Le calcul est une combinaison d'objets mathématiques(représentés par des symboles) obtenue grâce à desopérations, selon des règles précises, afin d'obtenir un nouveau résultat. (Pansu,2014, p.3).

Les fonctions exécutives sont des habiletés spécifiques du cerveau et les activités qui les requièrent sont très fréquentes. Pendant sa scolarisation, l'atteinte de ces fonctions peut diminuer de façon importante la capacité de l'élève à réaliser des tâches scolaires, à résoudre des problèmes, bref, à s'adapter aux exigences du milieu scolaire quel que soit ses autres capacités intellectuelles. (Sousa, 2004, P. 67)

Depuis quelques année, de nombreuses études ont été menées pourdécrire le lien entre l'apprentissage du calcul et les fonctions exécutives (FE) tel que les travaux de Vosniad, cité par Potvin &Borst, (2018, p.5) dans « The role of executivefunction in the construction and employment of scientific and mathematical concepts thatrequireconceptual change learning »qui confirment l'importance générale des FE dans l'apprentissage des mathématiques, En s'appuyant sur ces recherches antérieures, ils illustrent, le rôle de l'inhibition dans tels processus.

D'après Potvin &Borst, (2018, p.5),il est de plus en plus reconnu que les fonctions exécutives (L'inhibition, la Flexibilité mentale, la Mémoire de travail et la Planification), jouent un rôle important dans le parcours scolaire des élèves. En effet,ceux qui présentent les fonctions exécutives les mieux développées sont souvent ceux qui performant et réussissent le mieux à l'école. Ce sont aussi ceux qui présentent le moins de problèmes de comportement. Mais certains travaux de recherche ont également pu établir des liens convaincants entre certaines fonctions exécutives, et certaines difficultés plus spécifiques qui ont identifiées les spécialistes de l'adaptation scolaire.

Introduction

Partant de cette lecture, nous avons cherché à travers ce travail, d'évaluer la fonction exécutive chez les enfants en difficultés d'apprentissages en calcul et les enfants dyscalculiques, scolarisés de la 3^{ème} à la 5^{ème} année du cycle primaire, dans un cadre de comparaison et régression entre ces deux variables.

Notre recherche donc se compose de deux parties principales, la première est consacrée aux éléments théoriques et la seconde à une présentation des résultats recueillis accompagnée d'une discussion que nous allons décrire ainsi ;

Nous commencerons par une problématique et les hypothèses principales aussi hypothèses secondaires, également nous trouverons les raisons du choix de cette thématique et quelque concept clé de cette recherche qui peut aider le lecteur à mieux comprendre. Ce travail est reparti en deux parties :

- Une partie théorique
- Une partie pratique

- **La partie théorique :**

Chapitre 1 : intitulé la difficulté d'apprentissage du calcul:

Dans ce chapitre nous avons commencé par une définition du nombre, on a présentés les genèses du nombre ainsi que la localisation et l'origine du mot calcul, puis on a entamé les difficultés d'apprentissage et les facteurs cruciaux qui peuvent causer ce dernier. Au final, on a parlé sur les prévalences ainsi que les principes essentiels de l'apprentissage du calcul.

- Chapitre 2 : intitulé la dyscalculie :

Dans ce chapitre, nous avons commencé par une brève historique, suivie par une des définitions de la dyscalculie, après on a traité des causes et les signes de cette dernière. Puis on a parlé des différentes classifications et les prévalances, ainsi que le diagnostic et ces tests d'évaluation. On a fini par une prise en charge, suivie d'une différence entre la difficulté d'apprentissage et les dyscalculiques.

- Chapitre 3 : intitulé les fonctions exécutives :

Introduction

Ce chapitre, qui contient une historique et des définitions, puis nous continuerons avec les composantes puis rôle et la localisation des FE , nous allons aussi parler des théories globales des fonctions exécutives ainsi que Les troubles des fonctions exécutives , enfin nous trouverons le développement des fonctions exécutives chez les enfants et la Principale caractéristique des fonctions exécutives chez l'enfant et le rôle des FE central dans la réussite scolaire .Nous clôturons ce chapitre par les tests d'évaluation des fonctions exécutives.

- **La partie pratique :**

- Chapitre 4 : intitulé la méthodologie de la recherche

Nous enchaînerons avec le quatrième chapitre, celui des démarches méthodologiques de notre recherche qui constitue la méthode de recherche utilisé, ensuite les études préliminaires que nous avons effectué afin de cerner notre échantillon de travail et ainsi que le lieu de la recherche et la présentation de l'échantillon de la recherche, enfin outils d'évaluation et outils statistiques utilisée.

- Chapitre 5 : intitulé présentation et analyse des résultats :

Dans ce chapitre, nous avons exposés dans un premier temps des résultats bruts suivies par une analyse statistique des différences intergroupes (enfats dyscalculiques et les enfats présentats des difficultés d'apprentissage du calcul). Dans laquelle nous avons évalué nos hypothèses de travail, à la lumière des résultats statistique.

Pour finir nous achèverons ce travail par une conclusion, bibliographie et des annexes.

L'apprentissage est un outil indispensable qui nourrit notre esprit et apaise notre âme, c'est une nécessité à la fois pour la carrière personnelle et professionnelle, car cela nous rend capables de comprendre et de gérer des choses d'une meilleure façon dans la vie. (Bhasin, 2019, para.01)

L'apprentissage des mathématiques, arithmétique, est généralement le début de l'éducation mathématique d'une personne en commençant par les bases, où l'enfant commence par apprendre à compter, puis progresse en ajoutant, sous trayant, multipliant, divisant, des séquences et des sujets plus détaillés. En tant que vaste domaine des mathématiques. (Math & Blog, 2020, para. 04)

Peu d'apprentissages se réalisent spontanément, c'est notamment le cas de tous les apprentissages complexes, la lecture l'arithmétique, de telles acquisitions impliquent la rencontre d'obstacles plus au moins nombreux et fréquents qui doivent être surmontés pour progresser, on peut parler alors des difficultés d'apprentissages.(Barrouillet, 2007, p.03), qui concernent des problèmes faisant obstacle à la réussite scolaire. (Gilberg, 2003, p. 144)

Les difficultés d'apprentissage en mathématiques touchent un nombre important d'enfants dès le début des apprentissages formalisés, au début de la scolarité obligatoire. En effet, depuis 1980, les relevés sur la dyscalculie montrent que 6 à 7% des enfants d'âge scolaire développent des troubles d'apprentissage spécifiques en mathématiques (Badian, Kosciuszko, Fuchs & Fuchs, Sutaria, Van der Lely, Meljac & Fischer). (Cités dans Van Nieuwenhoven et De Vriendt, 2010, p. 39)

Les difficultés de calculs s'observent déjà dans des tâches chiffres résolution d'opérations simples impliquant des nombres à un chiffre (par exemple, $9+4$, 8×7). Dans ce type situations, des différences quantitatives et qualitatives apparaissent entre les enfants dyscalculiques, et les enfants témoins.

Ainsi, les enfants dyscalculiques produisent plus d'erreurs, sont plus lents et utilisent des stratégies de résolution moins matures que leurs pairs.(Poncelet,2012, p. 307). Toutefois, il faut faire la distinction entre difficulté d'apprentissage de calcul et le trouble d'apprentissage. En effet, les difficultés seraient transitoires et considérées comme des obstacles à l'apprentissage temporaires et ponctuels, alors que les troubles seraient persistants, permanents et intrinsèques à l'enfant sans être liés à potentiel intellectuel. (Niewenhoven, 2010, p. 37)

La dyscalculie développementale est un trouble d'apprentissage aussi fréquent que la dyslexie. Elle renvoie à des difficultés au niveau du transcodage, de l'acquisition des faits arithmétiques des procédures de calcul écrit, voire particularités, au niveau de la sémantique même de nombre. (Poncelet, 2012, p. 301)

La dyscalculie est un concept qui fait son apparition dans les années 1970 pour rendre compte à la fois d'un dysfonctionnement dans les domaines de la logique, de la construction des nombres et des opérations sur ces nombres, de difficultés de structuration du raisonnement et de l'utilisation des outils logique et mathématiques. (Brin, 2004, p. 78),les mécanismes cognitifs perturbés à l'origine de la dyscalculie sont variés et ont donnés lieu à différentes classification de sous-types de dyscalculie. (Kosc, 1974 ; Rouke&Strang, 1978 ; Badian, 1983 ; Temple, 1992). (Barrouillet, 2007, p. 06), il apparait que les enfants dyscalculiques présentent des difficultés à tous ces niveaux ; leurs capacités de mémoire de travail sont faibles, ils utilisent des stratégies de résolution des calculs immatures et leur comptage est moins efficient. (Hitch &McAuley, 1991, p.82-375-386), le bilan des troubles du calcul implique en tout état de cause que soit explorées les capacités cognitives, notamment visuo-spatiales, ainsi que la mémoire de travail et les fonctions exécutives.

(Chevrie_Muller, 2007, p.199). En effet, selon Lepage (2017, p. 13) les fonctions exécutives jouent un rôle fondamental dans la réussite scolaire

Les fonctions exécutives peuvent être définies comme un ensemble de processus cognitifs de haut niveau qui gouvernent les actions dirigés vers un but et les réponses adaptatives face à des situations nouvelles et complexes.(Myake& Friedman, 2000, p.p 41-100)

Le terme de fonction exécutives (FE) et introduit au cours des années 60, par Alexandre Luria, neuropsychologue Russe, qui les définit alors comme des fonctionsexécutives qui ont rôle important dans la résolution de problème. (Lucie, 2012, p. 09), pour Alexandre Luria toute activité de résolution de problème suppose quatre étapes : une analyse de situation, une élaboration d'un plan est une vérification en comparant l'objectif de départ avec le résultat obtenu, il définit trois fonctions : la volition, la planification des étapes, le contrôle comme il insiste sur l'importance des lobes frontaux dans ce type de fonctions. (Myak& Friedman, 2000, p.p 41-49)

Les FE soutiennent les processus nécessaires aux apprentissages dans différentes matières scolaires. En mathématiques, par exemple, les FE facilitent l'arithmétique simple : l'inhibition permet de supprimer les stratégies moins adaptées pour résoudre une équation et d'utiliser des stratégies plus sophistiquées. La mémoire de travail est, pour sa part, nécessaire pour garder en tête les réponses intermédiaires en cours d'opérations complexes ainsi que les procédures requises pour compléter les opérations. De son côté, la flexibilité est importante pour permettre d'alterner entre les différentes procédures (p. ex., addition et soustraction) nécessaires pour résoudre des problèmes complexes (Cragg&Gilmore, 2014). En résolution de problèmes, les FE rendent possibles la planification des étapes, le stockage et la manipulation d'informations ainsi que l'autocorrection en cas d'erreur (Noël, 2009; Van der Ven, Kroesbergen, Boom, &Leseman, 2012). **(Lepage, 2017, p. 14-15)**

De ce qui précède, on constate que la recherche confirme l'existence d'une différence entre la dyscalculie et la difficulté d'apprentissage de calcul, et le fonctionnement exécutif ce qui veut dire que toute difficulté dans ces apprentissages peuvent être le résultat d'un dysfonctionnement exécutif. Ceci implique que tout dysfonctionnement exécutif pourrait provoquer des difficultés d'apprentissage du calcul.

Notre choix du thème a été guidé par des constatations du terrain, et selon les sources requises chez les enseignants, les parents et les élèves eux-mêmes, les résultats scolaires en mathématique sont nettement faibles par rapport aux autres matières, cette idée a provoqué chez nous une attirance pour essayer d'expliquer et comprendre la réalité de la dyscalculie et la difficulté d'apprentissage de calcul, et cerner la différence qu'il y est entre ces derniers, en axant notre recherche sur les origines et les causes des difficultés en mathématique, comme nous nous sommes interrogées sur le rôle des fonctions exécutives dans l'apprentissage de calcul et essayer de comprendre cette corrélation, et d'étudier le poids de l'impact qui existe entre la variable dépendante calcul et les variables indépendantes (inhibition, planification et flexibilité mentale et mémoire de travail). Partons de là nous, poserons les questions principales suivantes :

1- Existe-t-il une différence significative au niveau des fonctions exécutives entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul ?

2- Existe-t-il une corrélation entre le déficit exécutif et le niveau de calcul chez les enfants dyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul ?

Nous pouvons affiner ces questions pour chaque fonction exécutive :

- Existe-t-il une différence significative au niveau de la planification entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul ?

-Existe-t-il une différence significative au niveau de l'inhibition entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul ?

-Existe-t-il une différence significative au niveau de la mémoire de travail entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul ?

-Existe-t-il une différence significative au niveau de la flexibilité entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul ?

II-Hypothèses :

Afin d'élaborer une solution à cette problématique, d'un essai de vérification des hypothèses principale et hypothèses secondaires.

II.1 Hypothèses principale :

-Il existe une différence significative au niveau des fonctions exécutives entre les enfants souffrants de la dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

-Il existe une corrélation entre le déficit exécutif et le niveau du calcul chez les enfants dyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

II.2 Hypothèses secondaires :

1- Il existe une différence significative au niveau de la planification entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

2-Il existe une différence significative au niveau de l'inhibition entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

3-Il existe une différence significative au niveau de la mémoire de travail entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

4-Il existe une différence significative au niveau de la flexibilité entre les enfants souffrants de dyscalculie et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

III. L'importance de la recherche :

Comprendre le fonctionnement exécutif chez les enfants dyscalculiques d'un côté, et ceux présentant des difficultés d'apprentissage d'un autre côté, ainsi que son impact sur le traitement arithmétique.

IV. Le but de la recherche :

-Evaluer l'influence des fonctions exécutives sur l'apprentissage du calcul (résolution arithmétique).

-mettre en lumière un possible atteint des fonctions exécutives chez ces enfants.

-S'assurer que les fonctions exécutives peuvent être associés au profil clinique d'enfants dyscalculiques.

V. Les mots clé :

Les fonctions exécutives : désignent un ensemble assez hétérogène de processus cognitifs de haut niveau, les fonctions exécutives sont quatre : la planification, la mémoire de travail, l'inhibition, la flexibilité.

La planification : est la mise en œuvre de stratégies nouvelles.

La mémoire de travail : est un modèle de fonctionnement de la mémoire à court terme.

L'inhibition : processus interne qui est supposé freiner l'apparition d'une réponse et expliquer ce comportement.

La flexibilité : est la souplesse de l'organisation et des moyens de production vis - à vis des évolutions de la demande.

La dyscalculie : est un trouble spécifique des apprentissages. Elle persiste tout au long de la vie, c'est un problème d'acquisition du sens du nombre et le traitement arithmétique

Troubles de développement des apprentissages du calcul : c'est un trouble sévère ayant à l'origine un déficit de développement des zones cérébrales, en relation avec le traitement numérique, et ne peuvent pas être expliqué avec une situation transitoire.

Définition d'apprentissage du calcul : c'est un trouble spécifique d'apprentissage qui touche les mathématiques et affecte l'apprentissage dès les premières années de scolarité. Les difficultés sont durables et résistent aux

Le cadre général de la problématique

interventions mises en place pour aider les enfants. Peuvent avoir un impact à long terme dans la vie de l'individu et fragiliser de multiples compétences.

Introduction

Afin de clarifier notre étude nous aborderons dans ce chapitre, une définition du nombre, ainsi que sa genèse des habiletés numérique, et sa localisation, nous aborderons par la suite les difficultés d'apprentissages.

I. Définition du nombre :

Un nombre est un concept abstrait permettant d'évaluer et de comparer des quantités ou des rapports de grandeurs, mais aussi d'ordonner des éléments par une numérotation. Souvent écrits à l'aide d'un ou plusieurs chiffres, les nombres interagissent par le biais d'opérations qui sont résumées par des règles de calcul. Les propriétés de ces relations entre les nombres sont l'objet d'étude de l'arithmétique.

- Le rangement (nombre ordinal) indique une position ou un ordre dans une série, comme il peut désigner un adjectif ou un adverbe qui sert à indiquer l'ordre dans lequel sont rangées les choses.
- La quantification (nombre cardinal) : il s'agit de répondre à la question «combien de ...» ? Il indique la quantité. (Mazeau et al, 2013, p. 38)
- C'est très précocement – dès 2ans, peut-être plus tôt – que l'enfant repère que certains mots (« un », « deux », « trois ») ne désignent ni sa fonction et ne réfèrent à aucune de ses qualités perceptives (forme, couleur, taille), mais bien à une « quantité », un « nombre de ». (Mazeau , 2009,p.255)

II. La genèse du nombre et des habiletés numériques chez l'enfant :

Aborder la genèse du nombre et des habiletés numériques chez l'enfant ne peut se faire sans évoquer Piaget. Selon lui, la construction de la notion du nombre ne dépend pas du langage, mais de l'action intériorisée devenue réversible.

Cependant, son approche ne peut expliquer les premières acquisitions de l'enfant, et depuis les années 1980, de nombreux auteurs se sont intéressés aux compétences numériques précoces du bébé.

Ces deux conceptions de l'acquisition du nombre seront donc successivement exposées.

- **Le développement cognitif selon Piaget :**

L'approche piagétienne :

Deux termes sont utilisés par Piaget pour décrire son approche:

-le constructivisme: en effet, l'auteur considère que l'acquisition des connaissances est un processus d'auto-construction continu tout au long de la vie.

-l'interactionnisme: l'auteur utilise ce terme afin de souligner l'interaction permanente entre l'hérédité et l'environnement dans les processus de développement.

Ainsi, selon Piaget, l'enfant construit ses premiers raisonnements en agissant sur son environnement. Ces structures cognitives (aussi appelées « schèmes de pensée ») s'intériorisent progressivement pour devenir de plus en plus abstraites. Piaget distingue quatre structures cognitives primaires correspondant à autant de stades de développement.

➤ **Les stades de développement :**

- Le stade sensori-moteur (0-2 ans) :

Au cours de cette période, le contact qu'entretient l'enfant avec le monde qu'il entoure dépend uniquement des mouvements qu'il fait et des sensations qu'il éprouve. Le mode de fonctionnement de l'enfant est essentiellement perceptif.

C'est au milieu de cette période, vers la fin de la première année, que l'enfant acquiert la permanence de l'objet (forme primitive de la conservation).

- Le stade pré-opératoire (2-7/8 ans) :

Cette période, principalement marquée par l'avènement du langage, est aussi caractérisée par l'apparition de la fonction symbolique: l'enfant devient capable de se représenter des choses à partir de mots ou de symboles. Il saisit également les notions de quantité, d'espace.

Sa pensée est intuitive ou prélogique, caractérisée par l'égoïsme: l'enfant n'arrive pas à envisager le point de vue d'autrui.

L'espace devient topologique, c'est-à-dire que l'enfant peut concevoir les propriétés intrinsèques des figures.

- Le stade des opérations concrètes (7/8-11/12 ans) :

Ce stade est caractérisé par une pensée opératoire mobile et par la réversibilité, qui est la capacité d'annuler mentalement une action.

L'enfant devient capable d'envisager des événements qui surviennent en dehors de sa propre vie: l'espace devient projectif.

L'espace devient également euclidien: l'enfant coordonne les objets entre eux et assimile les notions de déplacement, de mesure, de distance.

- Le stade formel (après 12 ans) :

C'est l'achèvement du développement de la pensée. L'enfant n'a plus besoin de se baser sur le réel et est désormais capable de tenir compte du possible: c'est l'apparition du raisonnement hypothético-déductif.

A la fin de ce stade, l'enfant utilise une pensée logique formelle et abstraite.

C'est durant le stade III, soit le stade des opérations concrètes, que la pensée devient opératoire, permettant ainsi l'accès au nombre. Il convient donc, dans le cadre de ce mémoire, de développer plus précisément ce stade. On distingue les opérations infra-logiques des opérations logico-arithmétiques

➤ Les opérations infra-logiques :

Il s'agit des conservations physiques et spatiales. Pour Piaget, l'acquisition de la conservation (qui se rapporte en définitive à la permanence de l'objet) est un indice précieux dans l'étude du développement: elle permet de repérer le passage de la pensée pré-opératoire au registre des opérations concrètes.

Les conservations physiques sont: la matière (acquise vers 7/8 ans), le poids (acquise vers 8/9 ans), le volume (acquise vers 10/11 ans).

Les conservations spatiales sont: les longueurs (acquise vers 7 ans), les surfaces (acquise vers 7 ans) et le volume spatial (acquise vers 10/11 ans).

➤ **Les opérations logico-arithmétiques :**

Pour Piaget, les principales opérations logiques élémentaires sont constituées, d'une part, par celles portant sur les classes et, d'autre part, par celles

portant sur la construction des séries. La classe fait travailler la ressemblance; l'organisation de la série implique la prise en considération des différences. C'est ainsi que pour l'auteur, c'est la coordination de ces deux concepts qui rend possible la notion de nombre: « l'étude du développement du nombre est celle des opérations sur le nombre et celle des sous-systèmes de sériation et de classification qui les fondent ».

Les classifications, les sériations, les conservations et le nombre se développent simultanément. (Grisard, 2012, pp. 21 -25)

III. Les premiers apprentissages numériques.

3.1 L'apprentissage de la chaîne verbale :

3.1.1 Rappel :

Nous disposons de trois langues pour désigner le nom d'un nombre:

- la langue numérale parlée : [trente-neuf]
- la langue numérale écrite: trente-neuf
- la langue numérique écrite: 39.

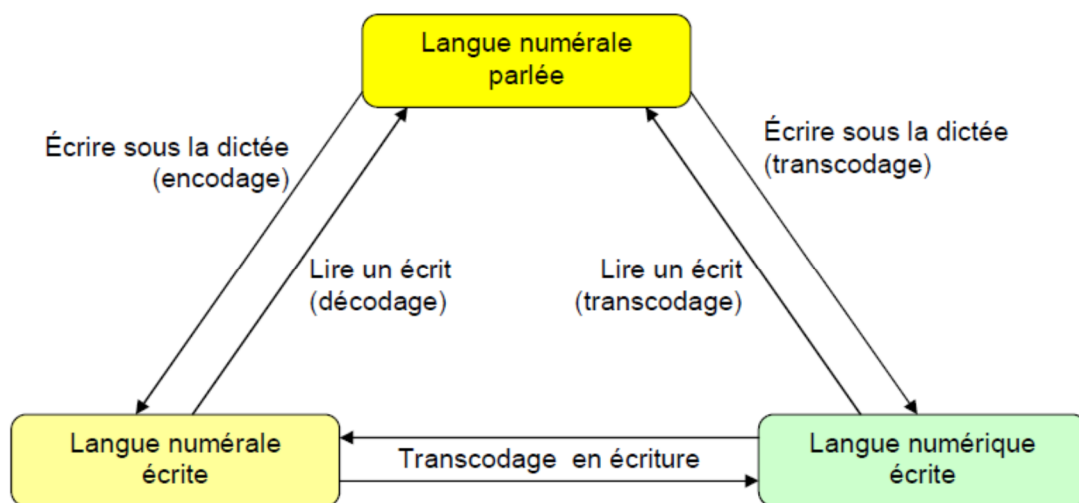


Figure N°01 : Les premiers apprentissages numériques.

➤ La chaîne verbale orale :

La chaîne orale est particulièrement difficile à acquérir car le système français est complexe. En effet, il s'agit d'un système strictement positionnel en base 10, c'est-à-dire que « chaque position est associée à une puissance de dix et plus on se décale vers la gauche du nombre, plus cette valeur augmente » (M-P Noël, 2005). Or cette base 10 n'apparaît pas avec la première dizaine: en effet pour les nombres de 11 à 16 (appelés « particuliers »), ceux-ci représentent les

quantités de base de un asix auxquelles on ajoute dix, mais la dizaine n'apparaît pas comme c'est le cas dans dix-sept, dix-huit... Ceci représente une véritable difficulté dans l'acquisition de la chaîne verbale.

Vers deux ans et demi, l'enfant comprend qu'il existe une catégorie particulière de mots spécifiques au comptage, mais il est incapable de faire le lien entre la quantité et le nom du nombre. Ce lien se fera vers l'âge de trois ans. Ce n'est qu'à vers six ans que l'enfant acquiert le sens numérique des mots. C'est également à cet âge que l'enfant est capable de compter jusqu'à 100.

Selon Fuson et coll. (1982), les suites numériques produites par les enfants encours d'acquisition de la chaîne verbale, comportent trois parties :

- une partie stable et conventionnelle (vers quatre ans et demi): l'enfant répète correctement la suite des nombres d'un essai à l'autre;
- une partie stable mais non conventionnelle (concerne surtout les nombres entre 10 et 19): l'enfant répète, de façon constante, une suite incorrecte de quelques nombres;
- une partie ni stable ni conventionnelle : l'enfant dit des chiffres et des nombres au hasard, sans aucune constance d'un essai à l'autre.

La chaîne verbale s'acquiert en quatre étapes:

- **le chapelet**: récitation d'une suite indifférenciée sans compréhension que les noms ont une valeur arithmétique;
- **la chaîne insécable**: l'enfant commence systématiquement à compter à partir de 1, les mots sont individualisés;
- **la chaîne sécable**: possibilité de compter à partir de n'importe quel nombre, l'enfant commence à se mettre en place;
- **la chaîne terminale**: l'enfant peut compter à l'endroit et à l'envers, à partir d'une borne et entre deux bornes.

➤ La chaîne verbale écrite :

Tout comme la chaîne orale, la chaîne écrite est difficile à acquérir. En effet, « l'absence de transparence de la base 10 dans les langues occidentales a un impact négatif sur l'apprentissage de la numération écrite » (Pesenti & Seron, 2000).

La correspondance entre oral et écrit n'est pas régulière: à partir de 70 (soixante-dix), l'organisation des dénominations verbales devient irrégulière, d'où des difficultés dans l'acquisition de la chaîne écrite. Ainsi, entre trois à cinq ans

d'enseignements sont nécessaires pour maîtriser la chaîne écrite. (Grisard, 2012, pp.29-31)

IV. Processus de quantification :

Trois processus de quantification sont distingués : le dénombrement, le subitizing et l'estimation (Fayol, 1990 ; Geary, 1994 ; Dehaene, 1997 ; Camos, 1999). En ce qui concerne l'émergence du dénombrement dans l'enfance, deux points de vue théoriques s'opposent : la théorie dite des « principes en premier » et celle dite des « principes après ». La théorie des principes en premier affirme que les principes guidant le dénombrement seraient innés. Ces principes, définis par Gelman et Gallistel (1978), sont au nombre de cinq : le principe de correspondance un à un (chaque élément de la collection à dénombrer est associé à une seule étiquette) ; le principe d'ordre stable (la suite des étiquettes constitue une liste ordonnée) ; le principe de cardinalité (la dernière étiquette utilisée représente le cardinal de la collection) ; le principe d'abstraction (l'hétérogénéité des éléments n'a pas d'impact sur leur dénombrement) ; le principe de non-pertinence de l'ordre (l'ordre dans lequel les éléments sont dénombrés n'a pas d'incidence sur le cardinal de la collection). Selon ce modèle, ces principes de dénombrement contraindraient l'action et permettraient de reconnaître les procédures légitimes. Par opposition à la théorie des « principes en premier », la théorie des « principes après » postule que les principes sont progressivement abstraits d'une pratique répétée des procédures de dénombrement acquises par imitation (Fuson, 1988). Le dénombrement serait d'abord une activité sans but, une routine, et l'enfant ne découvrirait que progressivement le lien avec la cardinalité. L'émergence de ce lien trouverait son origine dans le subitizing. Le subitizing est un processus perceptif rapide et sûr d'appréhension immédiate de la quantité pour les petites numérosités, c'est-à-dire inférieures à 3 ou 4 objets (Mandler et Shebo, 1982). Divers modèles ont été proposés afin d'expliquer cette différence de traitement entre les collections inférieures à 4 et celles qui sont supérieures à 4 objets. Mandler et Shebo (1982) proposent que le subitizing repose sur la reconnaissance de configurations canoniques, ou patrons perceptifs. Pour leur part, Gallistel et Gelman (1992) défendent un point de vue radical selon lequel le subitizing ne serait rien d'autre qu'un dénombrement très rapide utilisant des étiquettes non verbales. Enfin, d'autres auteurs pensent qu'il relèverait de l'application d'un processus général d'estimation. En une ou deux secondes, les adultes peuvent estimer la numérosité d'une collection pouvant

aller jusqu'à plusieurs centaines de points, sous réserve d'entraînement (Krueger, 1982). La variabilité dans l'estimation s'accroît avec la numérosité. L'empan du subitizing serait alors simplement l'intervalle dans lequel l'estimation est suffisamment précise pour produire un seul candidat. Bien que ces auteurs fassent l'amalgame entre subitizing et estimation, ils n'expliquent toutefois pas le processus permettant l'estimation. Si quelques modèles mathématiques ont été proposés pour expliquer ce processus (van Oeffelen et Vos, 1982), l'estimation tout comme le subitizing restent des processus encore mal connus. (Barrouillet et al, 2007, pp.111-112)

V. Localisation neuroanatomique des processus numériques et de calcul :

En 2013, à partir des résultats des études en IRMf montrant que les processus numériques et de calcul s'appuient sur des réseaux neuronaux à multiples composants, Fias, Menon et Szucs proposent une représentation schématique des processus neurocognitifs impliqués dans l'arithmétique (fig2). L'implication de plusieurs sous-systèmes est donc mise en évidence. En premier lieu, les cortex associatifs visuel et auditif sont sollicités pour traiter la forme visuelle et les caractéristiques phonologiques du stimulus lorsque le système d'attention postérieur permet de construire les représentations sémantiques de la quantité. La formation des représentations visuo-spatiales des quantités numériques s'effectue dans les cortex temporal inférieur (ITC) et le sillon intra-pariétal (IPS). Puis les systèmes procéduraux et de MT ancrés dans les circuits fronto-pariétaux [sillon intra-pariétal (IPS) et gyrus supramarginal dans le cortex pariétal, cortex pré-moteur (PMC), aire motrice supplémentaire (SMA) et cortex préfrontal dorsolatéral (DLPFC) dans le cortex préfrontal, et les noyaux gris centraux (BG)] élaborent des représentations à court terme permettant la manipulation de plusieurs quantités discrètes pendant plusieurs secondes et le contrôle cognitif. Les systèmes de mémoire épisodique et sémantique (cortex temporal médian : MTL, cortex temporal antérieur : ATC et gyrus angulaire : AG) jouent également un rôle important dans la mémoire à long terme (MLT) et la généralisation au-delà des attributs des problèmes individuels, permettant le stockage et la récupération des problèmes numériques en tant que faits. Les processus de contrôle préfrontal (insula antérieure : AI et cortex préfrontal ventro-latéral : VLPFC) permettent le maintien de l'attention au

service de la résolution de problèmes et de la prise de décision. (Prise en charge... (Barry, 2013, pp.15-16)

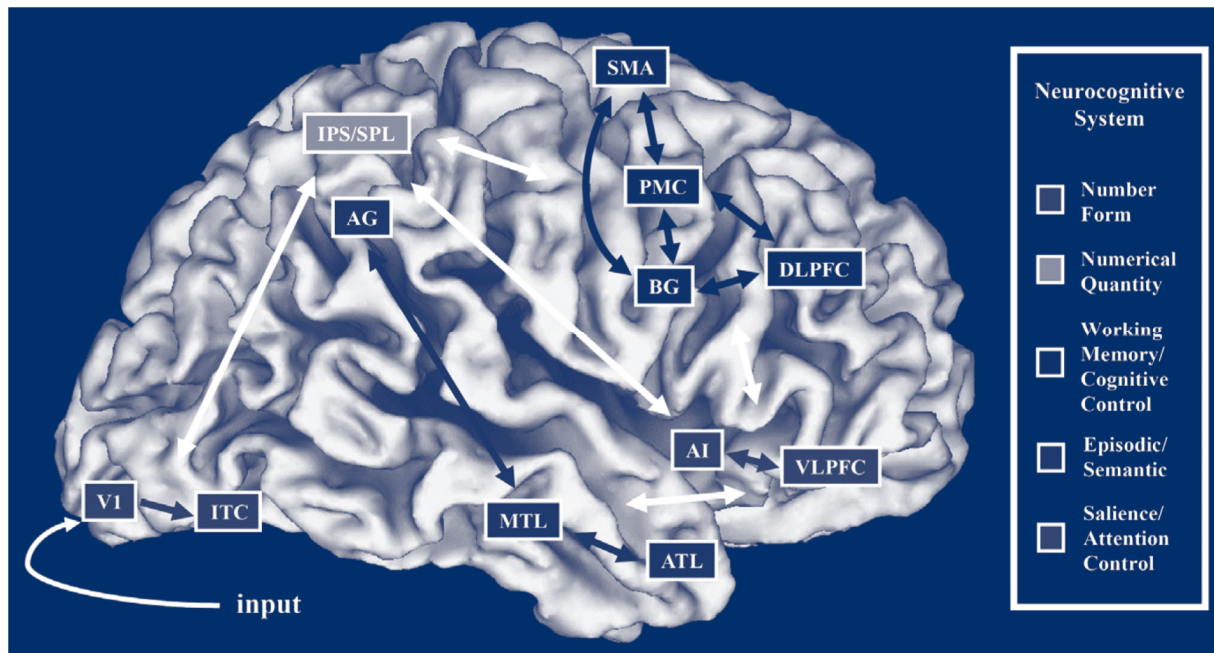
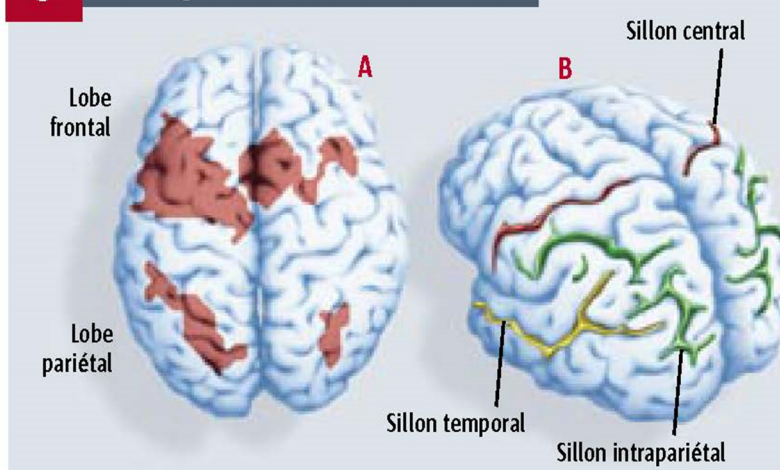


Figure N°02 : Schéma des circuits des processus neurocognitifs impliqués dans l'arithmétique (Fias et al., 2013)

VI. Les régions cérébrales du calcul :

Fig.1 Les régions cérébrales du calcul

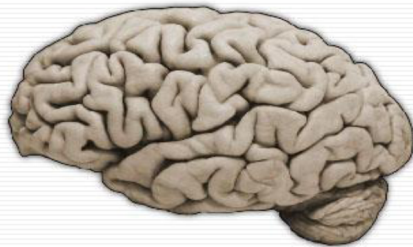
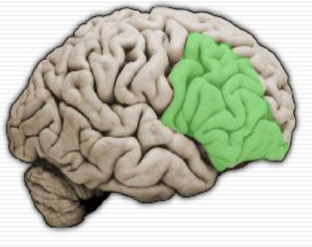
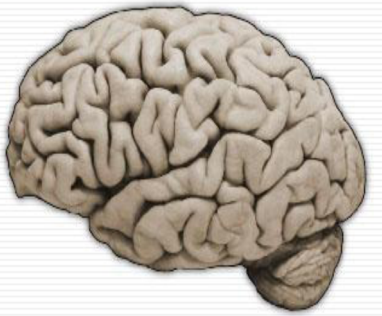
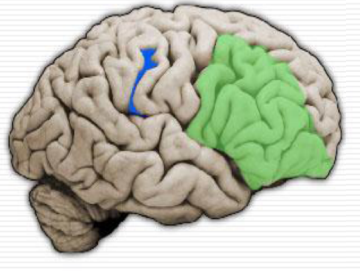
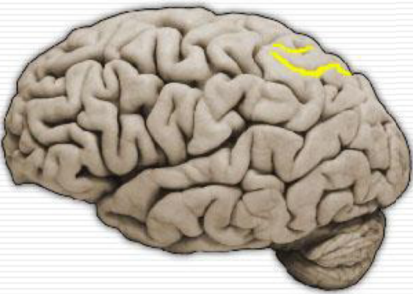
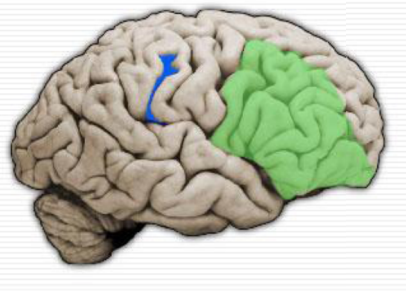
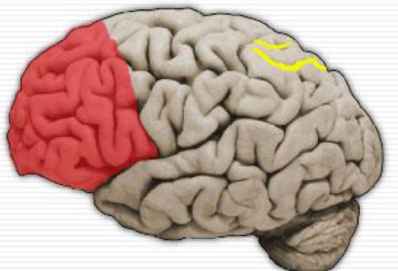
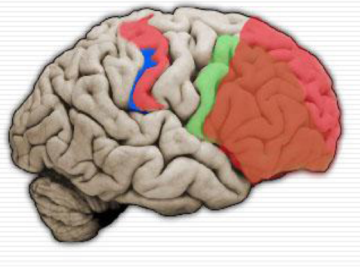


L'IMAGERIE CÉRÉBRALE A PERMIS DE LOCALISER précisément un large réseau qui s'active lors du calcul mental (A). Il implique de multiples régions qui sont distribuées dans les lobes frontaux et pariétaux, et varient en partie suivant le type de calcul effectué : comparaison, addition, soustraction ou multiplication. Le sillon intrapariétal est systématiquement activé (B) pour toutes les tâches qui nécessitent une manipulation des quantités, mais pas le sillon central, ni le sillon temporal. Le sillon intrapariétal est aussi impliqué dans d'autres fonctions comme le langage, l'attention, les saccades oculaires.

Figure N°03 : Les régions cérébrales du calcul

Figure N°04 : Quelques régions importantes activées lors d'une tâche numérique, selon Chochon et al. (1999).(Radford& André, 2008, p. 29).

VII. L'origine de mot calcul :

Tâche	Hémisphère gauche	Hémisphère droit
Nommer		
Comparer		
Multiplier		
Soustraction		

Le terme calcul vient du mot latin calculus qui renvoie aux cailloux que les Romains utilisaient pour calculer dans des pratiques sociales diverses. (Pansu, 2014.p 3)

VIII. Définition du calculer :

Le calculer lui permet de déterminer le résultat de transformations ou comparaisons ou comparaisons de collections. Ces opérations recouvrent en fait deux notions bien différentes.

- L'opération mentale qui permet de décider de la manière appropriée de combiner les éléments numériques en fonction de la situation, c'est-à-dire faire le choix de l'opération ou des opérations à effectuer ;
- L'application d'une procédure, technique de résolution de l'opération, permettant d'obtenir le résultat, le « combien ça fait » selon l'expression de S.Baruk (2003), qui propose pour clarifier, de distinguer les termes « opérer » (raisonner) et « calculer ». (Mazeau&Pouet, 2014, p.350)

L'utilisation du terme difficultés d'apprentissage est habituellement réservée aux domaines d'apprentissage du français, langue d'enseignement et des mathématiques. Selon le MEQ, les difficultés d'apprentissage « touchent particulièrement les compétences à lire, à communiquer oralement ou par écrit et à utiliser la mathématique » (Gouvernement du Québec, Ministère de l'Éducation, 2003, p. 2).

IX. Difficultés d'apprentissage :

Selon le MEQ, les difficultés d'apprentissage « touchent particulièrement les compétences à lire, à communiquer oralement ou par écrit et à utiliser la mathématique » (Gouvernement du Québec, Ministère de l'Éducation, 2003, p.2).

Dans sa version abrégée du document « Les difficultés d'apprentissage à l'école ». Cadre de référence pour guider l'intervention, le MEQ définit le terme difficultés d'apprentissage comme exprimant la « difficulté d'un élève à progresser dans ses apprentissages en relation avec les attentes du Programme de formation », et comme étant la « résultante des interactions entre les caractéristiques de l'élève, celles de sa famille, de son école ainsi que du milieu

dans lequel il vit » et le MEQ ajoute que même si les difficultés d'apprentissage sont « à l'occasion liées à certaines caractéristiques de l'élève, elles sont souvent le résultat d'un processus qui commence tôt, dans la famille, et qui se poursuit à l'école » (Gouvernement du Québec, Ministère de l'Éducation, 2003, p. 2). Le MEQ poursuit en précisant que les difficultés d'apprentissage se manifestent au regard des compétences définies par le Programme de formation et qu'elles « Touchent plus particulièrement les compétences à lire, à communiquer oralement ou par écrit et à utiliser la mathématique » (Gouvernement du Québec, Ministère de l'Éducation, 2003, p. 2).

X. Deux facteurs cruciaux : l'origine sociale et l'environnement linguistique :

Dans l'évaluation du niveau de lecture et de mathématiques des élèves endébut de CE2 menée par le Ministère de l'éducation nationale (MEN, 2001), il a été relevé que les filles ont de meilleurs résultats que les garçons en lecture, mais pas en mathématiques ; ces résultats sont semblables à ceux des deux études internationales de l'OCDE. Toutefois, une des variables les plus fortement reliées aux résultats est l'origine sociale des élèves. Toutes choses égales par ailleurs (en particulier, âge et sexe), un écart significatif sépare les scores des enfants d'ouvriers de ceux des enfants de cadres, et cela aussi bien en lecture qu'en mathématiques. De plus, certains enfants qui sont dans des situations que l'on peut qualifier de « fragiles » (ceux dont les parents sont dits « inactifs », 7,6% de la population) ont des scores inférieurs à ceux des enfants d'ouvriers pour la lecture et les mathématiques. Les mêmes tendances avaient été relevées dans les études antérieures du Ministère de l'éducation.

De même, d'après l'étude de 2000 de l'OCDE, le fait d'être issu d'un milieu social peu favorisé multiplie par deux la probabilité d'avoir des difficultés en lecture, comme en mathématiques. Cette étude signale toutefois qu'une partie de cet effet pourrait être due à des variables non contrôlées : entre autres, l'environnement linguistique. L'incidence de ce facteur sur les performances est en effet aussi forte que celle du milieu socioculturel (OCDE, 2000). L'impact de l'environnement linguistique sur la réussite en lecture et en mathématiques ressort également de la récente étude de l'Insee (2004 et 2005). Dans cette étude, les performances en lecture d'adultes ont été évaluées par des exercices en rapport avec la vie quotidienne (lire le titre et le nom des invités d'une émission, noter une liste de courses, comprendre le résumé d'un film). Les personnes qui

ont des scores inférieurs à 60 % de réponses correctes dans ces trois domaines sont considérées comme en difficulté à l'écrit. Plusieurs groupes ont été constitués en fonction du lieu de naissance (en France ou hors de France) et de la langue parlée majoritairement à la maison (le français, pour les sujets dits francophones). Parmi les francophones natifs, 7 % ont des difficultés en lecture. Ce chiffre est de 11 % chez les francophones nés hors de France et chez les non francophones nés en France. En revanche, parmi les non francophones nés hors de France, plus de 30 % de ceux qui ont appris à lire en français et plus de 60 % de ceux qui ont appris à lire dans une autre langue ont des difficultés de lecture. Les résultats indiquent également que l'environnement linguistique a un impact sur la compréhension orale ainsi que, mais dans une moindre mesure, sur les scores en mathématiques. (Barrouillet et al, 2007, pp.153-154)

XI. Difficultés d'apprentissage en mathématiques et Co-morbidité :

Les difficultés d'apprentissage en mathématiques sont généralement associées à d'autres difficultés d'apprentissage. Light et DeFries (1995) rapportent que le taux de co-morbidité entre les difficultés d'apprentissage en mathématiques et les autres difficultés d'apprentissage est de l'ordre de 40% (Hale, Fiorello, Bertin & Sherman, 2003). En ce sens, Gross-Tsur et al. (1996) précisent que les élèves qui éprouvent des difficultés d'apprentissage spécifiquement liées aux mathématiques éprouvent aussi des difficultés d'apprentissage en lecture (Shalev, 2004).

Le MELS (2003) mentionne que les difficultés d'apprentissage sont souvent associées à des déficits au plan de la mémoire. La mémoire est conceptualisée comme une série de systèmes et de sous-systèmes qui interagissent les uns avec les autres en fonction de la situation d'apprentissage, du matériel à mémoriser ainsi que de l'utilisation ultérieure de ces nouvelles connaissances (Nolin & Laurent, 2004; Ponsford, 2004). La mémoire est ainsi étroitement associée à l'apprentissage. Cependant, avant d'être transférées et encodées dans la mémoire à long terme, les connaissances doivent être manipulées dans la mémoire de travail. (Perreault, 2010, p.21-23)

XII. Prévalences des difficultés d'apprentissage en mathématiques :

Différents auteurs ont tenté d'estimer le taux de prévalence des difficultés d'apprentissage spécifiquement liées aux mathématiques et qui ne découlent pas d'une faible intelligence ou d'un déficit sensoriel (Garrett et al. 2006). Badian (1983), Gross-Tsur et al. (1996) et Lewis et al. (1994) indiquent qu'entre 4 et 7% de la population d'âge scolaire manifeste des difficultés d'apprentissage en mathématiques (Fuchs et al. 2005). Les études de Badian (1983), Kosci (1974), Ostad (1998), Gross-Tsur et al. (1996) ainsi que de Shalev, Manor, Kerem, Ayali, Badichi, Friedlander et al. (2001) effectuées auprès de plus de 300 enfants de quatrième année du primaire fréquentant des écoles publiques aux 19 États-Unis, en Europe et en Israël suggèrent qu'entre 5 et 8% des enfants d'âge scolaire manifestent des difficultés d'apprentissage en mathématiques (Geary, 2004).. (Perreault, 2010, pp.19-20-22)

XIII. Les principes essentiels de l'apprentissage du calcul :

L'enseignement du calcul donné aux enfants de 5 à 7 ans doit suivre quelques principes essentiels.

Il doit tout d'abord répondre aux Instructions officielles et aux programmes des Écoles maternelles et des Cours préparatoires.

- Programme :

- Écoles maternelles.-Grande section. Groupements d'objets : vingt, trente, quarante, jusqu'à cinquante. Demi, moitié, tiers, quart.

Petits exercices de calcul mental : additions, soustractions, multiplications, divisions.

Représentation des nombres de l'unité jusqu'à cinquante.

Petits exercices écrits de calcul avec dessins correspondants.

Exercices et jeux avec le mètre, le franc, le litre, les poids (balance, kilo).

- Cours préparatoires.3h45 (trois leçons de 15 minutes par jour.)

Étude concrète des nombres de 1 à 5, puis de 5 à 10, puis de 10 à 20. Formation, décomposition, nom et écriture.

Usage des pièces (et billets) de 1, 2, 5, 10 francs, du décimètre et du double décimètre gradués en centimètres.

Les nombres de 1 à 100. Dizaines et demi-dizaines. Compter par 2, par 10, par 5. Usage du damier de 100 cases et du mètre à ruban.

Exercices et problèmes concrets d'addition, de comparaison, de soustraction (nombres d'un chiffre, puis de deux chiffres), de multiplication et de division par 2 et 5.

- Instructions officielles :

- Écoles maternelles : Aucune indication n'est donnée en ce qui concerne le calcul. Il convient de noter simplement que le terme utilisé est « exercices d'initiation au calcul ». La méthode générale préconisée est « essentiellement naturelle ».

- Cours préparatoires : « L'apprentissage des nombres doit se faire par l'observation de collections d'objets simples et usuels, maniés ou dessinés. L'enfant doit être habitué à reconnaître, sans énumérer, de un à cinq objets, d'abord sur des dispositions géométriques simples, puis sur des objets groupés en ligne, puis sur des objets sans ordre. Les nombres de 5 à 10 peuvent être étudiés et retenus par leur formation avec 5 et un des cinq premiers nombres. Ceux de 10 à 20 sont ensuite réalisés par l'addition et la réunion d'une dizaine avec un des dix premiers nombres. ... Pour avoir véritablement la notion d'un nombre, il faut pouvoir le reconnaître sous ses aspects divers ; connaître son nom, sa figure, sa constitution (... des dix premiers... et le plus possible des dix suivants...). Cet apprentissage coïncide avec celui de la table d'addition. En outre, beaucoup de réalisations matérielles d'additions constituent des compositions et des décompositions de nombres. Une particularité intéressante de beaucoup de réalisations matérielles d'additions est qu'elles constituent un apprentissage de la soustraction ou plus précisément de la recherche d'une partie inconnue d'une somme dont on connaît l'autre partie : comment composer 9 avec deux nombres dont l'un est 6. La soustraction peut être une recherche de reste... Ce peut être encore une comparaison... À cette dernière conception se rattache la notion du nombre 0. Les nombres de 10 à 100.... On peut d'abord faire manipuler aux enfants de vraies dizaines d'objets... Quand cette manipulation est acquise, on peut utiliser des dizaines figurées. Les dizaines réelles ou figurées, complétées par des unités de même nature, permettent de former les nombres de 1 à 99. On imaginera aisément les dispositions matérielles permettant de réaliser cette formation. La figuration en dizaines et unités entraîne l'écriture si l'élève sait au préalable faire la correspondance des collections et des chiffres et connaît l'usage du chiffre 0. Il est désirable d'apprendre d'abord à ajouter, puis à soustraire un nombre d'un chiffre à un

nombre de deux chiffres. On pourra ensuite étudier l'addition de deux nombres de deux chiffres, d'abord sans retenue, ensuite avec retenue. La multiplication et la division sont limitées au cas d'un multiplicateur ou d'un diviseur 2 ou 5... Les exemples tirés de ces nombres suffisent à illustrer la règle de la commutativité. On imagine aisément des illustrations ou des réalisations matérielles : des enfants qui lèvent les deux mains, ou qui sont groupés par deux ; des rangées de couples de points, les lignes d'un damier ; un mètre divisé en centimètres, avec des graduations renforcées par des demi-décimètres et des décimètres, etc. La division par 2, 10, 5, avec ou sans reste, peut se comprendre comme un partage d'objets, en 2, ou en 10, ou en 5 parts. Elle peut se comprendre aussi comme une répartition en couples ou paires, ou bien en dizaines, ou bien en demi-dizaines d'objets. » (Fareng et Fareng, 1966, p.4)

XIV. Rôle des doigts dans le calcul:

Le lien entre les doigts de la main et la représentation analogique pour les petites quantités peut être considéré à deux titres :

-en tant que lien fonctionnel : l'usage des doigts permet disposer d'une collection-témoin (Bris-Siaud, 1989) pour maintenir la trace du comptage en cours et soulager la mémoire de travail. Cela facilite donc aussi bien l'acquisition du code numérique que son utilisation,

-entant que lien structurel : il existe en effet un lien de proximité des aires cérébrales (pariétales) liées au calcul et celles dédiées aux afférences perceptivo-tactiles des doigts la main (gnosies digitales).

Ainsi on a montré un lien entre maturation des lobes pariétaux, gnosies digitales et manipulation des quantités. Les performances mathématiques à 6 ans et même à 8 ans (Marinthe et al., 1991, Noël, 2005). Par ailleurs, l'entraînement spécifique à la connaissance des doigts améliore les performances des enfants dans des tâches numériques (cracia-befalluy et Noël, 2008). (Mazeau&Pouhet, 2005, p.360)

XV. Principes généraux d'enseignement :

De nombreux principes d'enseignement s'appliquent à l'ensemble des premières années dans tous les domaines et soutiennent l'enseignement de toutes les grandes idées en mathématiques. Les plus importants sont repris en partie dans ce qui suit :

- La communication orale entre les élèves est fondamentale pendant toutes les années d'études. Les élèves ont besoin de parler des concepts mathématiques et de leur compréhension de ceux-ci, que ce soit avec d'autres élèves ou avec l'enseignant ou l'enseignante.

- **Diverses représentations de concepts favorisent la compréhension et la communication :**

Les concepts peuvent être représentés de diverses façons

(p. ex., à l'aide de matériel de manipulation, d'illustrations ou de symboles).

L'élève qui utilise du matériel de manipulation ou des illustrations pour représenter un concept mathématique a plus de chances de le maîtriser.

L'attitude de l'élève à l'égard des mathématiques s'améliore lorsque l'enseignant ou l'enseignante emploie efficacement le matériel de manipulation pour enseigner les concepts plus difficiles à saisir (Sowell, 1989; Thomson et Lambdin, 1994). Cependant, l'élève a besoin d'être guidé dans son expérience des représentations concrètes et visuelles de manière à établir, d'une part, les liens appropriés entre le concept mathématique et, d'autre part, les symboles et le langage qui servent à le représenter.

- **La résolution de problèmes est un élément fondamental de l'apprentissage des mathématiques. :**

Les situations de résolution de problèmes offrent à l'élève des contextes intéressants et motivants et lui permettent de comprendre la pertinence de cette discipline dans la vie quotidienne. Même les très jeunes enfants bénéficient de ce contexte d'apprentissage. Il est beaucoup plus valable pour les enfants d'apprendre les bases dans un contexte de résolution de problèmes pertinents et concrets que de mémoriser des procédures sans but précis.

- **Les élèves ont besoin d'effectuer de nombreuses expériences au moyen de ressources et de stratégies d'apprentissage diverses** (p. ex., droites numériques, grilles ou tapis de nombres, matériel de base dix, cubes emboîtables, cadres à dix cases, calculatrices, jeux mathématiques, chansons mathématiques, mouvement physique, histoires de mathématiques) :

Certaines stratégies (p. ex., le recours à des chansons mathématiques ou au mouvement) ne sont pas directement des activités de résolution de problèmes; néanmoins, elles sont utiles parce qu'elles répondent aux styles d'apprentissage de nombreux enfants, surtout dans les premières années d'études.

• **Devant des concepts d'une complexité croissante, il faut encourager l'élève à se servir de sa capacité de raisonnement :** Il importe que les mathématiques aient un sens pour l'élève et qu'il ou elle ait les habiletés requises pour aborder les problèmes et les calculs mathématiques. Il faut l'encourager à appliquer sa capacité de raisonnement en l'aidant :

- **à repérer des régularités :** il convient de proposer aux élèves des expériences au cours desquelles on les amène à constater que le système de numération en base dix et les actions auxquelles on soumet les nombres (les opérations) sont fondés sur des régularités;

- **à faire des estimations :** l'élève qui apprend à faire des estimations peut déterminer si sa réponse est raisonnable. En apprenant à faire des estimations, l'élève dispose de points de repère ou de quantités connues (p. ex., « voici à quoi ressemble un bocal de 10 cubes et un bocal de 50 cubes. Combien de cubes penses-tu qu'il y a dans celui-ci? »). (Ministère de l'Éducation, 2005.p.7-8)

Sommaire

I.	Définition du nombre :	15
II.	La genèse du nombre et des habiletés numériques chez l'enfant :	15
•	Le développement cognitif selon Piaget :	16
III.	Les premiers apprentissages numériques.	18
IV.	Processus de quantification :	20
V.	Localisation neuroanatomique des processus numériques et de calcul :	21
VI.	Les régions cérébrales du calcul :	22
VII.	L'origine de mot calcul :	23
VIII.	Définition du calculer :	24
IX.	Difficultés d'apprentissage :	24
X.	Deux facteurs cruciaux : l'origine sociale et l'environnement linguistique :	25
XI.	Difficultés d'apprentissage en mathématiques et Co-morbidité :	26
XII.	Prévalences des difficultés d'apprentissage en mathématiques :	26
XIII.	Les principes essentiels de l'apprentissage du calcul :	27
XIV.	Rôle des doigts dans le calcul:	29
XV.	Principes généraux d'enseignement :	30

Introduction :

Dans ce présent chapitre, nous allons essayer de donner soubassement historique de la dyscalculie, estdes différentes définitions selon plusieurs chercheurs, et ces classifications, causes, et symptômes, et sa prise en charge.

I. Une brève Historique :

Le terme d'acalculie à été introduit par le neurologue suédois Salomon Henschen qui en déduisit l'existence de centres spécialisés pour le calcul qui seraient indépendants d'autres fonctions, en particulier, linguistiques et musicales. Dans ce contexte, Henschen a proposé la première classification des troubles en distinguant la « céciténumérique » (troubles de la lecture des chiffres) et « l'aphasie pour les chiffres » (trouble de la production orale des chiffres). (Habib, 2011, p.2)

L'étude des troubles de l'acquisition du nombre et du calculchez les enfants d'âge scolaire connaît un regain d'intérêtdepuis plusieurs années maintenant. Les recherches se développent, alimentées par les travaux de la psychologie développementalepost piagétienne et de la neuropsychologie.

Terme ancien (1918) remis au goût du jour dans le sillage des diagnostics en «dys- », le vocable « dyscalculie » connotedes troubles à la fois graves et durables. Ce terme de dyscalculieest toutefois d'un maniement difficile, désigner une pathologie homogène (Barrouillet 2006). En effet : Les limites sont floues entre la dyscalculie développementaleet le champ très général et hétérogène des difficultésd'apprentissage en mathématiques. Les auteurs anglo-saxonsutilisent des formulations diverses (developmentaldyscalculia, mathematicallearningdisabilities, etc.)avecun sens plus ou moins extensif. Il convient de noter à cepropos la variété des critères de délimitation mis en avantpar les différents chercheurs, comme la pluralité desépreuves diagnostiques utilisées.

-La diversité des formes que peut prendre la dyscalculie estgrande, selon que domine dans le tableau tel ou tel symptôme: absence de mémorisation des faits numériques,procédures de calcul immatures, erreurs de transcodage...

-L'existence d'une entité autonome que constituerait ladyscalculie ne fait même pas l'objet d'un consensus, certainsla tenant pour un trouble primaire, d'autres pour unt tableau secondaire à des désordres cognitifs pouvant êtremultiples (déficits langagiers, spatiaux, mnésiques, etc.).(Roux, 2009, p.497)

II. Définition du trouble :

Tout individu, durant sa scolarité, peut être confronté à des obstacles pouvant survenir dans tous les domaines. Mais dans certains cas, la difficulté d'apprentissage ne parvient pas à être dépassée. D'après le dictionnaire d'orthophonie, le trouble est un dysfonctionnement temporaire ou durable d'un organe, d'une fonction ou d'un système. Il existe différents types de troubles : troubles fonctionnels, structurels, acquis, spécifiques, globaux ou développementaux. Dans le cadre de ce mémoire, nous allons aborder le trouble développemental qui est un déficit significatif et durable pouvant évoluer grâce à des capacités adaptatives. Ce sont les troubles que l'on nomme « dys ».(Thibaut, 2016, p.23)

III. Définition de la dyscalculie:

La définition usuelle de la dyscalculie est grandement circulaire, le premier, Kosc (1974,p.164) la définit comme : un troubles structurel des habiletés mathématiques dont l'origine est génétique ou liée à un problème congénital affectant les aires cérébrales qui sont le substrat anatomophysiologique direct de la maturation des habiletés mathématiques sans trouble simultané des fonctions mentales plus générales .

La dyscalculie développementale (DD) est un trouble primaire de la perception des nombres qui se définit par des difficultés durables (mais aussi parfois transitoire) dans l'apprentissage du dénombrement et du calcul arithmétique. (Tourrette, 2011, p. 510)

Selon Louis et Romand (2013, p.46), la dyscalculie est un trouble dans l'acquisition et la maîtrise des compétences numériques et des habiletés arithmétiques, se révélant dans des difficultés d'accès à la numération, l'apprentissage des opérations, la résolution de problème et géométrie. Ces difficultés sont à mettre en lien avec une organisation spatio-temporelle déficitaire.

Selon le DSM V(2013, p.77) la dyscalculie est un autre terme utilisé pour décrire un ensemble de problèmes caractérisés par des difficultés à traiter des données numériques et à réaliser des calculs exacts et fluides. Si le terme de dyscalculie est utilisé pour définir cet ensemble spécifique de difficultés mathématiques, il est important de préciser également toute difficulté supplémentaire éventuellement présente, telle que des difficultés de raisonnement mathématique ou de raisonnement verbal correct.

La CIM 10 (classification Internationale des Maladies), quant à elle, parle de ; trouble spécifique de l'acquisition de l'arithmétique, qu'elle définit comme : une altération spécifique des performances en arithmétiques, non imputable exclusivement à un retard mental global ou à une scolarisation inadéquate. L'altération concerne la maîtrise des éléments de base du calcul : addition, soustraction, multiplication et division (c'est-à-dire, n'est pas limitée aux capacités mathématiques plus abstraites impliquées dans l'algèbre, la trigonométrie, la géométrie ou le calcul différentiel et intégral.

Malgré la diversité de ces définitions, nous retrouvons les points communs suivants :

- La présence de difficultés en mathématiques chez le sujet concerné
- La spécificité de ses troubles (soit une absence de difficultés généralisées à plusieurs autres domaines académiques)
- La supposition que ces troubles sont causés par une dysfonction cérébrale
- Un sujet avec une intelligence normale

IV. Les causes :

La dyscalculie développementale se définit donc par des difficultés inhabituelles dans l'apprentissage de l'arithmétique qui ne peuvent pas être expliquées par un manque d'intelligence, une scolarité inappropriée ou un manque de motivation. Le plus souvent, aucune cause n'est retrouvée dans la dyscalculie, et l'hypothèse avancée est que, sous l'influence de facteurs génétiques et environnementaux, dans la dyslexie, une autre pathologie développementale, l'analyse microscopique post mortem des cerveaux de sujets dyslexiques a montré des anomalies de la migration neuronale et de la gyrification corticale. L'existence d'une contribution génétique, quoiqu'elle n'est pas démontrée, est suggérée par les études de la dyscalculie chez les jumeaux homozygotes : dans ce cas, si l'un des jumeaux est atteint, l'autre l'est aussi dans 70 % des cas. Cependant, la transmission génétique de la dyscalculie est complexe et largement méconnue, et d'autres facteurs, comme les facteurs environnementaux, occupent une place importante, en particulier dans les phases précoces du développement cérébral. Ainsi, on observe une fréquence élevée de dyscalculie chez les enfants nés prématurément et chez ceux qui sont exposés pendant la vie fœtale à l'intoxication alcoolique de leur mère. (Molko, 2005, pp. 166-167)

Deux théories s'opposent : la dyscalculie serait la conséquence d'un déficit cognitif général, élémentaire (faibles capacités mnésiques notamment mémoire de travail, trouble des habiletés visuo-spatiales), ou bien le trouble serait lié au dysfonctionnement d'un système neuro-anatomique spécialisé dans les traitements numériques. (Bouaud, 2010, p. 22)

Les chercheurs anglais Harvey et al (2013) ont analysé le cerveau de huit personnes via l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle pendant qu'elles regardaient des quantités d'éléments qui changeaient. Pour chaque quantité, un groupe de neurones différent s'activait. Cette étude révèle donc une « carte topographique neuronale » consacrée aux quantités. Plus les quantités sont élevées, plus le nombre de neurones mobilisés est faible. Ceci pourrait expliquer en partie nos difficultés d'estimation lorsque les quantités augmentent.

Grâce à l'imagerie, on observe chez les patients ayant subi un accident cérébral et présentant une acalculie des modifications au niveau du sillon intrapariétal.

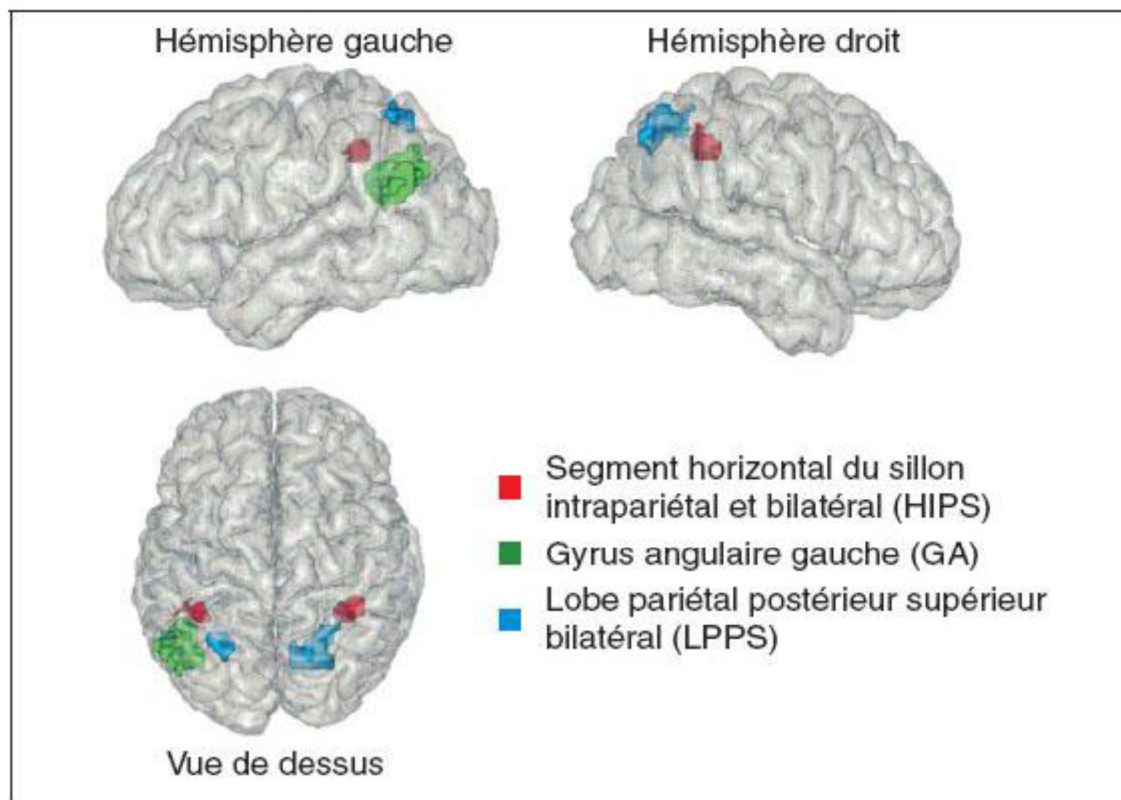


Figure N°05 : Adapté de Dehaene et al (2003) as cited in Lechevalier, Eustache & Viader (2008)

Ce schéma représente trois circuits pariétaux de traitement des nombres :

Rouge: Le segment horizontal du sillon intrapariétal est activé bilatéralement dans une variété de contrastes impliquant la manipulation de quantités numériques.

Vert: Le gyrus angulaire gauche est activé pendant des tâches arithmétiques ayant une forte composante verbale.

Bleu: Le lobule pariétal supérieur postérieur est activé bilatéralement durant quelques tâches numériques, de même que lors de tâches de déplacement de l'attention visuelle.

Ce sillon intrapariétal est le résultat d'une division horizontale en deux du lobe pariétal. Il permet différentes fonctions importantes comme les mouvements oculaires ou certaines fonctions attentionnelles. Le segment horizontal du sillon intrapariétal bilatéral (en rouge sur le schéma) est activé dans toutes les tâches numériques et serait responsable de l'effet de distance ou de taille. Le gyrus angulaire gauche (en vert) permettrait le codage verbal des faits arithmétiques (comme les multiplications). Enfin, le lobe pariétal supérieur postérieur s'activerait bilatéralement dans des tâches numériques telles que la soustraction, permettrait l'attention visuo-spatiale et pourrait être responsable de l'orientation de la ligne numérique mentale selon une étude de Simon, Mangin et Cohen (as cited in Habib, 2011). (Thibaut, 2016, pp. 28-29)

V. Les signes de la dyscalculie :

-Préscolaire :

- A du mal à apprendre à compter.
- Des difficultés pour connecter un nombre à un objet, par exemple savoir que «3» s'applique à des groupes de choses comme 3 gâteaux, 3 voitures ou 3 amis.
- Lutte pour reconnaître les motifs, du plus petit au plus grand ou du plus grand au plus court.

-École primaire :

- A de la difficulté à apprendre et à se souvenir des faits numériques de base tels que les liaisons numériques, par exemple $6 + 4 = 10$.
- Utilise toujours les doigts pour compter au lieu d'utiliser des stratégies plus avancées (comme les mathématiques mentales).
- Mauvaise compréhension des signes +, -, xx et x ou peut confondre ces symboles mathématiques.
- Difficulté à reconnaître que $3 + 5$ équivaut à $5 + 3$ ou peut ne pas être en mesure de résoudre $3 + 26-26$ sans calculer

- A des problèmes avec la valeur de position, mettant souvent des nombres dans la mauvaise colonne.
- Peut ne pas comprendre le langage mathématique ou être capable de concevoir un plan pour résoudre un problème mathématique.
- A du mal à comprendre des expressions mathématiques telles que supérieur à et inférieur à.
- A du mal à garder les points dans les sports ou les jeux.
- A de la difficulté à calculer le coût total des articles et peut manquer d'argent.
- Peut éviter les situations qui nécessitent la compréhension des nombres, comme jouer à des jeux qui impliquent des mathématiques.

-École secondaire :

- Lutte pour comprendre les informations sur les tableaux et les graphiques.
- A du mal à trouver différentes approches au même problème mathématique, comme ajouter la longueur et la largeur d'un rectangle et doubler la réponse à résoudre pour le périmètre (plutôt que d'ajouter tous les côtés).
- Lutte pour apprendre et comprendre les méthodes de raisonnement et les procédures de calcul en plusieurs étapes.
- A du mal à mesurer des éléments tels que des ingrédients dans une recette simple ou des liquides dans une bouteille.
- Manque de confiance dans les activités qui nécessitent de comprendre la vitesse, la distance et les directions, et peut se perdre facilement.
- A du mal à appliquer les concepts mathématiques à l'argent, comme calculer le changement exact.

-Adultes :

-Les symptômes typiques comprennent:

- Difficulté à compter à rebours.
- Difficulté à se souvenir des faits `` fondamentaux ''.
- Lent à effectuer les calculs.
- Faibles compétences en calcul mental.
- Un mauvais sens des nombres et des estimations.
- Difficulté à comprendre la valeur de position.
- L'ajout est souvent l'opération par défaut.

- Niveaux élevés d'anxiété mathématique.

(dyslexia.uk.net/specific-learning-difficulties/dyscalculia/the-signs-of-dyscalculia/ 25/10/2020. L'Association Dyslexie.)

VI. Les différentes classifications de la dyscalculie :

- **La Classifications neuropsychologiques :**

-Hecaenet ses collaborateurs (cité par Gill, 2003, p.93) peut fournir la matrice des situations rencontrées en clinique et qui conduit à distinguer :

-les acalculies en rapport avec des troubles de la lecture et de l'écriture des nombres, liées ou non à une alexie ou une agraphie verbale parfois dénommées acalculies aphasique.

-les acalculies spatiales.

-les désordres du calcul lui-même ou anarithmétique pouvant correspondre à l'acalculie primaire selon l'acceptation de berger (1926) à apposer aux acalculies secondaires à des troubles du langage, de la mémoire, de l'attention ou à d'autres distorsions cognitions.

Pour Badian (1983) distingue cinq dyscalculies:

- les dyscalculies résultant d'une aphasie avec alexie ou d'une agraphie des nombres.
- les dyscalculies résultant de difficultés visuo-spatiales avec mauvais alignement des nombres.
- les anarithméties, c'est-à-dire une bonne connaissance des faits numériques mais avec une confusion entre les algorithmes de calcul.
- les dyscalculies liées à des troubles attentionnels se manifestant par des oublis lors de l'exécution des algorithmes de calcul ainsi que des difficultés à mémoriser les tables. On notera avec intérêt que ce sous-type est identifié par Badian comme le plus fréquent ;
- les dyscalculies résultant d'une combinaison de ces catégories.

KOSC (1974) décrit :

- les dyscalculies verbales (nommer les objets et les relations mathématiques) ;
- les dyscalculiespractognosiques (dénombrement, sériation) ;
- les dyscalculies lexicales (lecture de symboles) ;

- les dyscalculies graphiques (écriture des chiffres et des nombres) ;
- les dyscalculies idéonositiques (compréhension des relations mathématiques) ;
- les dyscalculies opérationnelles, ou anarithméties. (Bouaud, 2010, p.p. 18-19)

- **La classification anatomo-fonctionnelle de Rourke :**

L'auteur propose de distinguer deux types de troubles :

-le premier, basé sur des déficits verbaux, résulterait d'un dysfonctionnement de l'hémisphère gauche.

-l'autre, basé sur les déficiences non verbales, résulterait d'attentes précoces affectant l'hémisphère droit. (Grisard, 2012, p. 42)

- **La classification cognitive :**

La classification proposée par Temple (1992) est basée sur l'architecture cognitive proposée par Mc Closkey et coll. (1985).

-une dyscalculie du traitement numérique, qui se caractérise par des difficultés dans le traitement des symboles numériques, ou des mots comme des difficultés à lire ou écrire les nombres. Temple (1989) décrit par exemple, le cas d'un enfant de 11 ans, qui bien qu'ayant un niveau normal de lecture des mots présente d'importantes difficultés pour lire les nombres, ou les écrire sous dictée. Noël (2000), fait cependant remarquer, à juste titre, que ce cas est loin d'être « pur », l'enfant ne maîtrisant en fait aucun concept ou opération et ne réussissant à résoudre que des additions dont le total est inférieur à 10.

- une dyscalculie des faits numériques, qui se caractérise par une incapacité à acquérir les tables d'addition et de multiplication. Temple (1991) décrit, un cas d'adolescente qui malgré une intelligence normale, et une bonne maîtrise des procédures de calculs, commet un grand nombre d'erreurs, sur les multiplications simples, produisant le plus fréquemment des résultats faux mais appartenant à la table de l'un ou des deux opérands.

- une dyscalculie procédurale qui se caractérise par une difficulté à planifier et exécuter les diverses étapes des algorithmes de calcul, principalement lorsque les calculs sont complexes et écrits. Là encore, Temple (1991) décrit un cas d'adolescent illustrant ce type chez qui la maîtrise des faits arithmétiques

contraste avec les difficultés de résolution des soustractions, multiplications et divisions. (Barrouillet et al, 2007, p. 317).

VII. Prévalence :

La première est menée en Angleterre. Lewis et al. Examinent la performance de 1056 enfants âgés de 9-10 ans. Dans cet échantillon, 1,3 % des enfants présentent des difficultés d'apprentissage uniquement en mathématiques. (Habib, 2011, p.29).

L'importante comorbidité que les difficultés en mathématiques partagent avec d'autres difficultés neuropsychologiques est bien identifiée. En 2001, Van Hout, signale la rareté du caractère isolé et la dyscalculie. (Barray, 2013, p. 14)

Selon les résultats obtenus aux tests réalisés lors de la Journée de la Défense et Citoyenneté en 2013 (Le Monde, 2014). En effet, 9,7% des participants ont des difficultés pour réaliser un calcul. Parmi eux, 4,8% sont en situation d'innumérisme. La proportion de filles concernées est plus importante avec 10,7% de filles contre 8,7 de garçons. (Thibaut, 2016, p.25)

La prévalence de la DD est de 3 à 7% selon les études (Gross-Tsur et al. 1996 ; Barbaresi et al. 2005), et cette difficulté serait persistante (Shalev et al., 2005). (Roy & Guillery-Girard, 2018, p.43)

L'application de la version arabe du zareki-R permet d'identifier 2.87% des enfants algériens âgés de 8 ans à 10 ans, qui ont présenté un trouble dyscalculique persistant au fil du temps (Plus de 12 mois). (Lahmer, 2018, p.56)

VIII. La dyscalculie et comorbidités :

Une grande majorité des enfants «dys» ne souffrent pas d'un seul trouble « dys » mais de l'association de plusieurs (au moins deux) d'entre eux (Habib, 2014). On parle de comorbidités lorsque coexistent deux dys-diagnostic indépendants dont les symptômes ne peuvent pas être expliqués par un seul trouble en amont. Ces comorbidités n'excluent pas le diagnostic de TSA mais cela rend l'évaluation et le diagnostic différentiel plus complexes.

Plusieurs hypothèses plus distales (Y) peuvent expliquer les difficultés de lecture et d'orthographe et être émises suite à l'anamnèse. Les deux premières suggèrent des bilans orthophoniques supplémentaires. Les trois suivants sortent du champ de compétences des orthophonistes et conduisent à orienter le patient auprès de pédopsychiatres ou neuropédiatres :

- suspicion d'un autre TSA avec déficit du calcul ;
- suspicion d'un trouble de la communication (trouble spécifique du langage oral, le trouble de la fluidité verbale) ;
- suspicion d'un trouble développemental de la coordination ;
- suspicion d'un trouble du spectre de l'autisme ;
- suspicion d'un Trouble Déficitaire de l'Attention/Hyperactivité (TDA/H).

Ces troubles peuvent expliquer à eux seuls les difficultés de lecture et d'orthographe observées ce qui est fréquemment le cas des patients présentant un TDA/H mais la clinique montre également que des sujets cumulent plusieurs troubles « dys ». La recherche d'une déviance développementale permet de démêler ces deux hypothèses. Dans le premier cas, le profil en lecture du sujet épouse celui des sujets de même âge de lecture. Le trouble comorbide n'a pas déséquilibré le système mais l'a juste retardé. On parlera de trouble spécifique des apprentissages avec déficit de la lecture et/ou avec déficit à l'écrit secondairement à un Y.

Dans le deuxième cas, on s'attend à un profil en lecture déviant comparé à des sujets de même âge de lecture : on parlera de trouble spécifique des apprentissages avec déficit de la lecture et/ou avec déficit à l'écrit associé à un Y. (DSM5, p.87)

IX. L'importance du diagnostic :

-L'importance pour l'enfant :

Grace au diagnostic de dyscalculie, les problèmes de l'enfant sont officiellement reconnus. Non, il s'agit pas seulement de difficultés passagères, d'un retard scolaire ou d'un manque d'étude ; si les mathématiques lui paraissent toujours compliquées et s'il cumule les mauvaises notes, c'est à cause d'un trouble des apprentissages dont il n'est aucunement responsable. Ce diagnostic se représente donc un véritable soulagement, d'autant qu'il permet au jeune concerné de ne pas douter de ces capacités intellectuelles.

-L'importance pour les parents :

Souvent, c'est lors du diagnostic que les parents entendent pour la première fois parler de la dyscalculie, de son origine et de ses conséquences. Les problèmes rencontrés par leur enfant prennent alors une nouvelle signification : ils découvrent qu'il ne fait pas exprès et qu'il ne lui suffit pas de faire des efforts pour subitement comprendre les nombres ou les opérations. Maintenant que le

diagnostic est posé, les parents peuvent agir en toutes connaissances de cause et entreprendre de nouvelles démarches : choisir un type de prise en charge, se documenter pour mieux comprendre le trouble, informer leur entourage, etc.

-L'importance pour l'école :

Le diagnostic est également important dans le monde scolaire. L'enseignant responsable de l'enfant dyscalculique comprend mieux pourquoi celui-ci ne réussit pas. S'il en doutait, il a la confirmation que sa manière de donner cours n'est pas l'origine des problèmes. Par contre, il peut maintenant s'informer et mettre en place les adaptations pédagogiques nécessaires à l'évolution de son élève.

A qui s'adresser :

-L orthophoniste :

En cas de suspicions de dyscalculie, c'est l'orthophoniste qui est le professionnel de référence, celui-ci réalise un bilan dans lequel il évalue les compétences logiques et mathématiques de l'enfant. Il se charge également de vérifier si d'autres troubles des apprentissages viennent compliquer la situation (dyslexie, trouble du langage, etc.).

-Les médecins :

Différents médecins spécialistes peuvent également être consultés, experts dans le fonctionnement du cerveau, les neurologues et les neuroéducatifs aident à déterminer si les symptômes observés résultent d'une dyscalculie ou d'un autre trouble neurologique, les ophtalmologistes et les otorhinolaryngologistes, s'assurent quant à eux que les difficultés ne sont pas dues à un problème de vue ou d'audition. Enfin, les pédopsychiatres vérifient si des troubles émotionnels, attentionnels ou comportementaux complexifient la problématique initiale.

-Le psychomotricien :

Le psychomotricien aide à établir un diagnostic en évaluant différents paramètres psychomoteurs comme le développement de l'enfant, la qualité de ses mouvements, la coordination de ses gestes ou sa façon d'écrire. Il vérifie également sa capacité à se repérer et agir dans l'espace.

-Le neuropsychologue :

Le neuropsychologue évalue les différents formes d'attention, la mémoire, la vitesse de réaction et les fonctions exécutives.

Il mesure le niveau intellectuel de l'enfant et établit un profil qui indique les lacunes et les compétences du jeune dans les principaux domaines cognitifs.

-Le psychologue :

L'évaluation psychologique vérifie qu'aucun trouble mental n'est à l'origine des difficultés scolaires. Elle permet également d'évaluer la vie de sa famille, l'anxiété et l'estime de soi font partie des domaines souvent évalués par le psychologue.

-L'orthoptiste :

Moins connu, l'examen orthoptique vise à mettre en évidence d'éventuels problèmes neurovisuels. Pour cela, l'orthoptiste analyse le comportement des yeux, il détermine si les mouvements oculaires sont corrects et bien organisés, si le regard se pose au bon endroit au bon moment, s'il réussit à se fixer sur quelque chose, etc. (Hempitine, 2017, p.39-42)

X. Diagnostic de dyscalculie :

- Précautions d'usage :

Le diagnostic de « dyscalculie » est posé par les orthophonistes, professionnels formés à évaluer et à rééduquer ce trouble. L'évaluation va pouvoir démontrer l'hypothèse diagnostique de dyscalculie chez la personne et cette évaluation pourra aider les orthophonistes à poser leur diagnostic. Une prise en charge précoce permettra de pallier les difficultés de la personne, ce qui favorisera une meilleure insertion au quotidien (notamment à l'école et au moment de son orientation). **Il est important de ne pas parler de « dyscalculie » trop rapidement et, en tous cas, pas avant l'âge de 8 ans** car les différences interindividuelles avant les apprentissages formalisés et surtout au début des apprentissages scolaires sont encore très importantes.

Avant tout diagnostic, il est également important de tenir compte de la date anniversaire des enfants (les consultations les plus fréquentes concernent des enfants nés en fin d'année civile – entre le mois d'octobre et le mois de

décembre-) car la maturité cognitive développée par ces enfants ne leur permet pas toujours de suivre le rythme souvent rapide des apprentissages numériques, ces derniers témoignant souvent d'une mobilité logique réduite (en effet, selon Piaget, ils ne disposent pas encore des structures logiques nécessaires à la construction des nombres. Ils utilisent encore souvent des stratégies primitives de comptage et de dénombrement qui ne leur permettent pas de disposer d'outils fiables pour résoudre les opérations mathématiques proposées.).

Cette description correspond donc à des difficultés réelles, mais ne permettant pas de faire un diagnostic étiologique, ce qui complique d'autant la mise en œuvre de véritables tests d'évaluation et celle de protocoles-types de «rééducation ». En outre, ces troubles du domaine logico-mathématique sont la plupart du temps associés à d'autres troubles cognitifs spécifiques (regroupés sous l'appellation « dys ») : troubles de l'attention et exécutifs, troubles du langage, troubles visuo-spatiaux, difficultés mnésiques. Il faut toutefois noter que quelques cas remarquables montrent que la dyscalculie peut aussi exister de façon isolée, c'est-à-dire sans déficit associé).

Une classification reste malgré tout utile pour repérer le type des difficultés que présente l'enfant en calcul.

- L'anamnèse :

Au préalable, lors de l'anamnèse, le rééducateur doit s'attacher à préciser les difficultés de l'enfant, en évaluant le contexte actuel propre à la manifestation des difficultés.

Effectivement, **un diagnostic différentiel est nécessaire** car des troubles de l'humeur tels que la dépression peuvent avoir pour symptômes des difficultés de calcul, de mémoire et d'attention. Un bilan logico-mathématique n'est alors pas approprié et/ou devra intervenir à la suite du traitement de ces troubles de l'humeur.

De manière générale, l'anamnèse consiste à recueillir des informations précises sur :

- Le déroulement de la grossesse
- Les antécédents médicaux et familiaux (les parents ont-ils eu des difficultés dans leur apprentissage ?)
- L'âge des acquisitions concernant le développement moteur de l'enfant : la marche, le fait de pédaler sans les petites roues, la nage, ses relations aux puzzles, lego et autre mécano, l'autonomie de l'habillage et développement de la motricité fine (faire ses lacets, s'habiller tout seul).

- Le développement des notions de temps: hier/demain, lire l'heure, se repérer dans la semaine et dans la journée
- Les acquisitions scolaires: difficultés, opérations, problèmes, géométrie, apprentissage des tables, tableaux de conversions, utilisation des instruments
- L'appréciation des parents concernant l'enfant: comment le qualifieraient ils?
- La réalisation de bilans orthophoniques ou autres: en cas de bilan psychométrique il faut être attentif à un éventuel différentiel QIV (Quotient Intellectuel Verbal) – QIP (Quotient Intellectuel Performance). En effet, si l'Indice de Compréhension Verbale est supérieur à l'Indice de Raisonnement Perceptif, il ne s'agit pas d'une dysphasie mais cela peut présager des troubles logico-mathématiques importants. (Camille, 2014, pp.16-20)

D'après les Critères diagnostiques des troubles spécifiques d'apprentissage, d'après le DSM-5 (traduction libre du texte américain, APA, 2013).

A. Difficulté à apprendre et à utiliser les aptitudes académiques, comme indiqué par la présence depuis au moins 6 mois d'au moins un des symptômes suivants :

- 1 - lecture de mots inexacte, lente ou laborieuse
- 2 - difficulté à comprendre la signification de ce qui est lu (même si lu correctement)
- 3 - difficultés d'orthographe (spelling)
- 4 - difficultés dans l'expression écrite (p.ex. erreurs de ponctuation ou grammaticales, manque de clarté de l'expression des idées)
- 5 - difficulté à maîtriser le sens des nombres, les faits numériques, ou le calcul
- 6 - difficulté dans le raisonnement mathématique

B. Significativement en-dessous de ceux attendus pour les performances académiques ou les occupations

C. Commence durant les années d'école mais peut n'être manifeste que dès lors que les demandes excèdent les capacités limitées de l'individu

D. Pas mieux expliquées par déficience intellectuelle, acuité auditive ou visuelle non corrigée, autres troubles neurologiques ou mentaux, adversité psycho-social

-Critères de recherche du CIM-10 pour les troubles spécifiques de l'arithmétique :

A. La note obtenue à un test standardisé de calcul se situe à au moins

2 écarts-types en dessous du niveau escompté, compte tenu de l'âge chronologique et de l'intelligence générale de l'enfant.

B. Les notes obtenues à des épreuves d'exactitude et de compréhension de la lecture, ainsi que d'orthographe, se situent dans les limites de la normale à plus ou moins 2 écarts-types de la moyenne.

C. Absence d'antécédents de difficultés significatives en lecture ou en orthographe.

D. Scolarité dans les normes habituelles (c'est-à-dire absence d'insuffisances majeures dans les conditions de la scolarité suivie par l'enfant).

E. Présence de difficultés en arithmétique dès les premiers stades de l'apprentissage du calcul.

F. La perturbation décrite en A interfère de façon significative avec les performances scolaires ou avec les activités de la vie courante qui font appel à l'arithmétique.

G. Critère d'exclusion le plus couramment utilisé : le QI, évalué par un test standardisé passé de façon individuelle, est inférieur à 70.

XI. Les tests d'évaluations de la dyscalculie :

- **ZAREKI-R :**

Est un outil de dépistage des troubles du calcul et du traitement des nombres destiné aux enfants du primaire. Cette batterie est constituée de douze épreuves d'administration simple et de correction facile. La cotation par épreuve et par item permet une analyse fine des difficultés de l'enfant.

1-Dénombrement de points.

2-Comptage oral à rebours.

3-Dictée de nombres.

4-Calcul mental : Additions, Soustractions, Multiplications.

5-Lecture de nombres.

6-Positionnement de nombres sur une échelle.

7-Répétition de chiffres

8-Comparaison de deux nombres présentés oralement.

9-Estimation visuelle de quantités.

10-Estimation qualitative de quantités en contexte.

11-Problèmes arithmétiques présentés oralement.

12-Comparaison de deux nombres écrits. (Hassan,2011)

- **LE TEDI-MATH :**

Cet outil a été développé par Van Nieuwenhoven, Grégoire et Noël (2001). La batterie Tedi-math permet le diagnostic et l'analyse des difficultés d'apprentissage des écoliers de classe primaire 5–8 ans et l'évaluation de Comptage et dénombrement, systèmes numériques (oral, arabe, base 10, transcodage), opérations logiques sur les nombres-arithmétique, estimation de grandeur (pattern de points, nombres en chiffres arabes). (Mazeau & Pouet, 2014, p.375)

- **Le Numerical :**

Est un outil développé par Gaillard.F (2000). Trois domaines sont évalués : le traitement du nombre, la sémantique et le calcul. La batterie comporte 27 épreuves dont plusieurs sont issues ou adaptées de la batterie EC 301 (Deloche et al., 1994) développée pour les acalculies acquises de l'adulte. Cet outil s'adresse aux enfants de la 2^e à la 4^e primaire (CE1 à CM1) et a été étalonné sur un échantillon de 280 enfants suisses. (Poncelet, 2012, p.321)

- **L'UDN-II :**

L'UDN 2 (pour construction et Utilisation Du Nombre) est une batterie construite par Meljac et Lemmel (1999), d'inspiration piagétienne, il propose une évaluation selon 3 niveaux : enfants des classes maternelles 4 ans à 6 ans, enfants de 6 à 8 ; 11 ans et ceux de 9 à 11 ans.

L'UDN 2 (pour Construction et Utilisation Du Nombre) une batterie construite par Meljac et Lemmel (1999) qui se situe dans le droit fil des apports piagétiens (elle inclut d'ailleurs 8 épreuves développées par cet auteur et son équipe). Cinq grandes rubriques sont distinguées :

1-la conservation (de quantités discontinues ou continues comme le poids, la longueur, le volume,...).

2- les opérations logiques élémentaires (sériation, classification, inclusion et transitivité).

3- l'utilisation du nombre dans la vie courante (pour décrire une collection, comparer des collections, reproduire une collection, ...).

4- la recherche de l'origine spatiale (comment utiliser les repères dans l'espace pour construire un objet identique à un témoin, en particulier, découper une ficelle ou un bande de papier).

5- la connaissance des nombres transmises par les apprentissages (comprendre le vocabulaire des quantificateurs (plus que, moins que, ...), réciter la suite des nombres, lire ou écrire des nombres, résoudre des opérations de calcul). Des normes ont été récoltées sur cinquante enfants par tranche d'âge (de 4 à 11 ans).

L'évaluation est davantage qualitative que quantitative. (Grisard, 2012, p.51).

XII. Les prises en charge :

L'évaluation est finie et le verdict est tombé : votre enfant souffre de dyscalculie, il faut maintenant décider quelles prises en charge correspondent le mieux à sa situation.

Pour cela, la conclusion du bilan est un outil précieux ; elle fournit un état des lieux de ses compétences et de ses lacunes et permet donc de choisir le traitement en toutes connaissances de cause.

Habituellement, la rééducation orthophonique est la première prise en charge conseillée en cas de dyscalculie, toutefois, d'autres prises en charge spécialisées prouvent être recommandées.

- **-L orthophonie**

La rééducation orthophonique est un traitement officiellement reconnu et remboursé par la sécurité sociale. Il s'agit d'une prise en charge de longue durée, qui s'étale souvent sur plusieurs années. Les séances peuvent avoir lieu à l'école, en cabinet privé, dans un centre multidisciplinaire, à l'hôpital.

XIII. Objectifs de la rééducation orthophonique :

A deux, l'orthophoniste et son patient reconstruisant les apprentissages mathématiques, pour que le travail soit efficace, plusieurs objectifs doivent être poursuivis.

- **Réaliser une situation globale :**

Les différents domaines mathématiques doivent être entraînés sans que les compétences plus générales, soient mises de côté. Ainsi, le professionnel

n'oubliera pas de stimuler ponctuellement la flexibilité mentale (charger de stratégie ou d'action sans trop de difficulté), la réflexion critique, l'attention visuelle, etc.

- **Développer les prérequis qui ne sont pas encore maîtrisés :**

Compter sans erreur, comprendre les notions de « plus » et de « moins », ranger des éléments en catégories... de nombreuses connaissances de base doivent être impérativement acquises pour réussir à raisonner correctement en mathématique.

- **Acquérir de nouvelles connaissances :**

L'orthophoniste veillera à développer les connaissances que le patient n'a pas encore acquises (du moins pas efficacement), par exemple, selon les difficultés observées, le travail ciblera la compréhension du vocabulaire lié aux maths, la connaissance des tables de multiplication, la lecture de nombres, etc.

- **Acquérir de nouvelles procédures :**

L'orthophoniste apprend à l'enfant la marche à suivre pour réaliser efficacement certains procédés arithmétique (comment poser une opération, comment calculer mentalement, etc.). Il l'aider aussi à développer des procédures permettant l'évaluation de ses réponses (ma réponse est-elle possible et logique ?) et l'autocorrection.

- **L'automatiser :**

L'orthophoniste fait en sorte que son patient ait accès plus rapidement et efficacement à ses connaissances mathématiques. Ensemble, ils s'entraînent à calculer, comprendre le vocabulaire précis et réaliser des procédures de plus en plus vite.

- **Privilégier le transfert :**

Le patient doit apprendre à utiliser les connaissances et procédures dans des contextes variés. L'orthophoniste l'aide à comprendre que s'il sait réaliser une opération écrite en séances, il sera alors capable d'appliquer la même démarche lors de son interrogation en classe ou lorsqu'il résout un problème. Transférer ce qu'on connaît est essentiel pour réussir à être autonome par la suite.

- **Compenser les difficultés qui résistent au traitement :**

Malgré la rééducation, tous les symptômes de la dyscalculie ne s'améliorent pas toujours. Le travail de compensation commence alors, il s'agit d'apprendre à utiliser d'autres outils et astuces pratiques pour contourner les difficultés restantes.

XIV. Les autres prises en charge :

-La neuropsychologie :

Une prise en charge neuropsychologique est indiquée lorsque la dyscalculie est combinée à d'autres difficultés cognitives. Le neuropsychologue, spécialiste du fonctionnement cognitif et psychologique, alors pour fonction d'entraîner les processus mentaux déficitaires, qu'il s'agisse de l'attention, de la mémoire, de la flexibilité mentale, de l'organisation, etc.

-La psychomotricité :

La psychomotricité est une discipline qui travaille sur la relation entre corps et l'esprit, il ne s'agit pas seulement d'améliorer les mouvements réalisés, mais d'aider l'enfant à comprendre ses gestes pour mieux les utiliser au quotidien. Grâce à un travail axé sur le corps et le jeu, le jeune dyscalculie apprend à donner un sens aux nombres, à différencier la droite et la gauche, à se repérer et s'orienter dans l'espace.

Les séances de psychomotricité sont particulièrement indispensables lorsque des troubles moteurs sont associés à la dyscalculie, le psychomotricien aide alors l'enfant à améliorer la précision des gestes nécessaires au développement du comptage et du dénombrement.

-L'ergothérapie :

Lors des rendez-vous avec l'ergothérapeute, la personne dyscalculique découvre comment adapter son environnement (ou son matériel scolaire) pour surmonter les difficultés provoquées par son trouble. L'ergothérapie est également conseillée lorsqu'il s'agit d'apprendre à utiliser les outils de compensation, tels que certains logiciels d'aider à la réussite en mathématique.

-Le suivi psychothérapeutique :

Comme tous les troubles des apprentissages, la dyscalculie peut avoir des conséquences sur le bien-être psychologique de l'enfant. S'il montre des

signes d'anxiété, se rabaisse constamment ou paraît continuellement triste, il ne faut pas avoir peur de consulter.

Lorsque le psychologue est amené à travailler seul avec l'enfant, il lui apporte soutien et écoute, lui apprend à accepter son trouble et l'aider à exprimer ce qu'il ressent face à ses difficultés.

Certains psychologues aident aussi à développer l'estime de soi ou à améliorer le rapport aux autres et à l'école. Parfois, ils organisent des groupes de parole où les jeunes dyscalculiques peuvent discuter de leur vécu et s'entraider. Dans certains cas, les psychologues sont amenés à travailler avec les parents ou la famille entière. Leur rôle est alors d'instaurer une communication plus efficace et sereine entre les différents membres.

-L'orthoptie :

L'orthoptie est une discipline qui vise à rééduquer la vision, dispensée sur la base d'une prescription médicale, on la conseille lorsque des difficultés neurovisuelles s'ajoutent à la dyscalculie. La prise en charge a alors pour but d'améliorer les stratégies visuelles utilisées lors de lecture des énoncés mathématiques. Elle permet, par exemple, d'apprendre à mieux fixer le regard sur les supports écrits, à mieux distinguer les signes, à se repérer plus facilement dans les colonnes des tableaux, etc.

-Le soutien scolaire :

Pour suivre convenablement le rythme scolaire, l'élève dyscalculique a parfois besoin d'un soutien pédagogique. L'aider d'un professeur particulier lui permet de revoir ce qui n'est pas compris, de s'entraîner sur les matières plus complexes et d'être soutenu dans la préparation des devoirs et des leçons. Cette collaboration s'avère essentielle lorsque les difficultés provoquent des tensions qui empêchent les parents et l'enfant de travailler sereinement ensemble. Les cours particuliers constituent donc une mesure complémentaire aux prises en charge médicales, paramédicales et psychologiques décrites ci-dessus. (Hempitine, 2017, pp.48-51)

XV. Grands axes thérapeutiques :

Les stratégies de rééducation et de remédiation cherchent à établir un lien entre nombre et grandeurs représentées par le nombre.

-Les jeux de plateau (jeu de l'oie, petits chevaux...) très utilisés avec les jeunes enfants pourraient contribuer à tisser ce lien entre magnitude (représentation de la taille d'un nombre) et nombre : en effet, à chaque nombre donné (par les dés, les cartes...) correspond un déplacement d'une longueur (d'une taille) proportionnelle au nombre (en avançant de 12 cases quand on a tiré 12, on va « plus loin » que si on a tiré 10 ou 6). Il s'agit donc d'entraîner et de rendre explicite cette expérience (normalement spontanée), qui relie l'expérience perceptive au nombre qui le désigne précisément.

- Le travail sur le ligne numérique : Siegler et Ramani (2008) améliorent les performances d'enfants issus de familles de faible niveau socio-éducatif (36 enfants de 4 ans $\frac{1}{2}$) dont les performances sont significativement faibles par rapport à leurs pairs, en leur proposant un entraînement à la ligne numérique (fig. 06). Ils n'obtiennent pas d'amélioration en proposant le même jeu mais avec des couleurs. À noter : ce travail ne concerne pas directement des enfants dyscalculiques, mais plutôt des jeunes « en difficulté », peu ou insuffisamment stimulés...

-L'estimateur (Villette, 2009) : il s'agit d'un outil informatisé favorisant les interactions entre nombre symbolique (oral, arabe) et code analogique (magnitude), via la mise en relation d'estimation du résultat de petites opérations numériques avec une représentation spatiale (analogique), ou le placement de nombres sur une ligne numérique bornée sur laquelle on se déplace avec un curseur. La réponse à un calcul numérique dont le résultat est inconnu de l'enfant suscite des conduites d'approximations successives, jusqu'à la réponse exacte. Une étude (Villette et al., 2010) sur un groupe de 20 enfants de 12 ans en moyenne présentant des résultats faibles au ZARÉKI-R (les situant dans le premier quartile) montre qu'ils ont plus progressé que les sujets entraînés (sur les mêmes calculs) avec des jeux informatiques faisant appel au calcul verbal exact.

-Le logiciel « la course aux nombres » (Wilson et al., 2006) : c'est un jeu destiné aux enfants de 4 à 8 ans. Il se présente sous la forme d'une course entre deux personnages dont l'un est incarné par l'enfant. Pour devancer son adversaire, ce dernier doit résoudre des calculs simples et reconnaître des nombres. Le jeu entraîne les enfants sur des tâches de comparaison numériques. Le niveau de jeu s'adapte aux capacités de l'enfant en jouant sur les dimensions de distance numérique, de vitesse de réponse et de complexité de calcul. Une étude cherchant à valider l'intérêt de ce logiciel dans

la rééducation (Verse et al., 2011) a testé en ces sens 48 enfants de CE1, répartis en deux groupes comparables (âge, données psychométriques), alternant pour

chaque groupe un entraînement à « la course aux nombres » et un entraînement visuospatial non numérique : labyrinthes, matrices, reconnaissance et copie de figures... Ils constatent une amélioration au post-test (Zareki-R) pour les deux groupes, correspondant exclusivement à leur période d'entraînement à « la course aux nombres », et ce pour tous les enfants, quelque soit leur niveau initial. Cependant, l'amélioration a porté sur des items tels que calcul mental et problèmes arithmétiques, et non, comme on aurait pu s'y attendre, sur les comparaisons de nombre ou le positionnement de nombre sur une ligne analogique... (Mazeau & Pouet, 2014, pp.379-380)

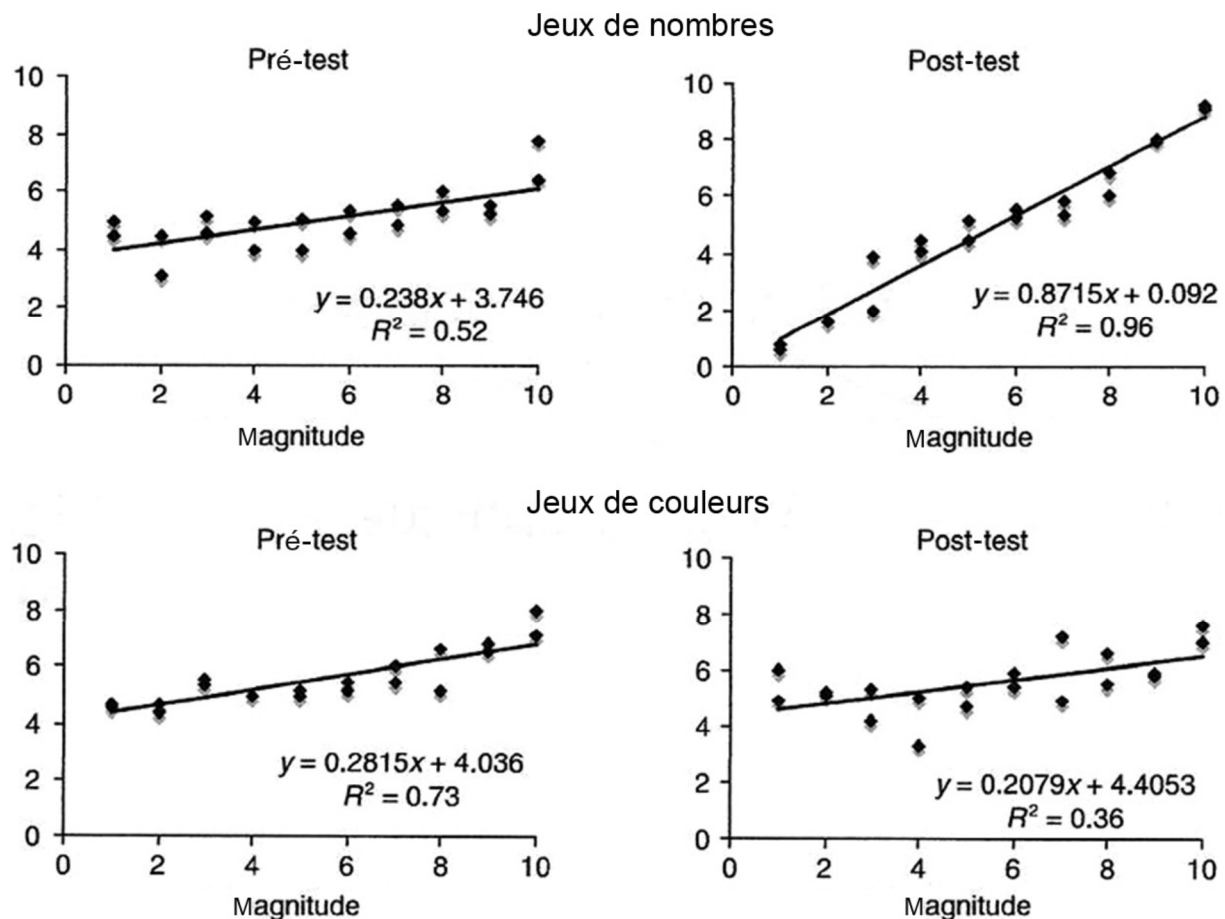


Figure N°06 : La ligne numérique des enfants entraînés avec le jeu numérique devient beaucoup plus linéaire, par rapport au pré-test et par rapport aux enfants entraînés avec un jeu de couleurs (contrôles). Source: Siegler RS, Ramani GB. Playing linear numerical board games promotes low-income children's numerical development. DevSci 2008; 11(5): 655–61.

XVI. La déférence entre la difficulté d'apprentissage et les « dys » :

Les difficultés scolaires sont en effet d'une extrême fréquence, et les confusions avec des dys- contribuent d'une part à décrédibiliser les actions entreprises pour les dys- auprès des enseignants et des pouvoirs publics, et d'autre part conduisent à surcharger indûment les structures et les professionnels spécialisés en neuropsychologie infantile, en nombre déjà notoirement insuffisant. Les difficultés renvoient à des causes liées au contexte (familial, scolaire, social) de l'enfant et ne rentrent donc pas dans le groupe des dys-. Une performance insuffisante dans tel ou tel domaine des apprentissages (difficulté) peut relever d'un faible talent dans ce secteur de la cognition et/ou d'un environnement sous-stimulant ou défaillant, voire d'une pédagogie inadaptée qui pénalise les plus fragiles. (Mazeau, 2014, p.17)

L'illettrisme désigne l'état d'une personne qui a bénéficié d'apprentissages mais n'a pas acquis la maîtrise de la lecture et de l'écriture. En ce qui concerne l'enfant, on parle de difficultés d'apprentissages (en lecture, orthographe ou calcul...) lorsque les parents ou enseignants repèrent une acquisition qui ne suit pas les étapes habituelles, et de troubles lorsqu'une évaluation par un test étalonné a confirmé un score déficitaire en référence aux normes attendues pour l'âge. Les troubles sont dits spécifiques s'ils ne peuvent pas être entièrement expliqués par une déficience mentale, une pathologie sensorielle sévère (surdité, vision), neurologique lésionnelle ou psychiatrique avérée. Ils sont durables lorsqu'ils persistent malgré une prise en charge adaptée. Ce sont ces troubles spécifiques et durables des apprentissages que l'on appelle communément les « dys » : dyslexie (troubles d'acquisition du langage écrit), dysphasie (troubles du développement du langage oral), dyscalculie (troubles du calcul), dyspraxies (troubles d'acquisition de la coordination et des praxies). (Billard, 2016, p. 123)

Comme on peut le constater, les termes difficultés d'apprentissage et trouble d'apprentissage, bien que semblables, ne sont pas équivalents. Actuellement, le Ministère de l'éducation, du Loisir et du Sport (MELS) préconise l'utilisation du terme difficultés d'apprentissage dans ses publications récentes. Or, certains élèves éprouvent davantage que des difficultés d'apprentissage et ce fait nécessite d'être distingué et désigné de manière à faire

état du caractère sévère et persistant des difficultés d'apprentissage éprouvées par une catégorie particulière d'élèves. (Perreault, 2010, p.14)

XVII. La dyscalculie et les fonctions exécutives :

- **Rôle de l'inhibition dans la dyscalculie :**

La dyscalculie est souvent liée à un déficit d'inhibition (PASCAL, 2009), et s'observe dans la difficulté à gérer les interférences lors de la récupération des faits arithmétiques stockés en mémoire à long terme. Le temps de réponse est plus long, quand celle-ci est bonne.

L'association dyscalculie - trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité est fréquente.

Selon MYAKE (2000), trois facteurs exécutifs entrent en jeu : inhibition, mise à jour et shifting (changement de consigne).

On observerait donc une difficulté à inhiber une stratégie acquise et à « switcher » vers une nouvelle stratégie (Wisconsin Card Sorting Test), une difficulté à inhiber les réponses numériques sur-apprises qui persistent plus longtemps en mémoire (BULL et SCERIF, 2001).

C'est l'inhibition endogène, c'est à dire l'inhibition non pertinente pour la tâche d'une information présente dans la consigne ou l'exercice, ou le contrôle de l'information disponible en mémoire qui semble être difficile. L'inhibition exogène, celle de l'information externe, qui apparaît en dehors de l'exercice numérique ou pas, n'apparaît pas touchée. (Bouaud, 2010, p.32-34)

- **Mémoire de travail et dyscalculie :**

Des études montrent une corrélation étroite entre les variables phonologiques (en lien avec les performances en lecture) et dyscalculies (Hecht et al., 2001). L'hypothèse qu'il s'agisse, en amont, d'un déficit de la mémoire de travail (MT) est bien documentée et depuis longtemps (Hitch et McCauley, 1991 ; Kytälä et al., 2010). Von Aster et Shalev (2007) proposent un modèle dans lequel le développement des capacités en MT est un des « moteurs » qui irrigue l'ensemble de l'évolution des performances dans le domaine numérique. (Mazeau & Pouet, 2014 pp.385-386)

Contenu

Introduction :	34
I. Une brève Historique :	34
II. Définition du trouble :	35
III. Définition de la dyscalculie:	35
IV. Les causes :	36
V. Les signes de la dyscalculie :	38
VI. Les différentes classifications de la dyscalculie :	40
• La Classifications neuropsychologiques :	40
• La classification anatomo-fonctionnelle de Rourke :	41
• La classification cognitive :	41
VII. Prévalence :	42
VIII. La dyscalculie et comorbidités :	42
IX. L'importance du diagnostic :	43
X. Diagnostic de dyscalculie :	45
XI. Les tests d'évaluations de la dyscalculie :	48
• ZAREKI-R :	48
• LE TEDI-MATH :	49
• LeNumerical :	49
• L'UDN-II :	49
XII. Les prises en charge :	50
• -L orthophonie	50
XIII. Objectifs de la rééducation orthophonique :	50
• Réaliser une situation globale :	50
• Développer les prérequis qui ne sont pas encore maîtrisés :	51
• Acquérir de nouvelles connaissances :	51
• Acquérir de nouvelles procédures :	51
• L'automatiser :	51
• Privilégier le transfert :	51
• Compenser les difficultés qui résistent au traitement :	52
XIV. Les autres prises en charge :	52
XV. Grands axes thérapeutiques :	53
XVI. La déférence entre la difficulté d'apprentissage et les « dys » :	56
XVII. La dyscalculie et les fonctions exécutives :	57

- **Rôle de l'inhibition dans la dyscalculie :**57
- **Mémoire de travail et dyscalculie :**57

Introduction :

Dans ce chapitre, nous abordons les fonctions exécutives, nous commencerons par une introduction, historique, suivie par les définitions, puis leurs composantes selon le point de vue de plusieurs auteurs, ainsi que leurs localisations dans le cerveau humain et leur rôle central.

Nous abordons aussi, les différentes théories et les modèles qui ont essayé d'expliquer les fonctions exécutives, nous mettrons l'accent sur le développement des fonctions exécutives chez les enfants de la période préscolaire et la période scolaire, leur caractéristiques et enfin leurs rôle central dans la réussite scolaire.

I. Historique des fonctions exécutives :

Selon DURAND (2010), c'est en 1868 que s'ouvre la réflexion sur le rôle des lobes frontaux dans les conduites humaines avec la publication du Dr **Harlow** de l'observation anatomo-clinique du cas Phineas Gage. Cet homme de 25 ans avait eu le crâne et la partie antérieure du cerveau transpercé par une barre en fer. N'ayant pas succombé à cette blessure, il subit cependant un changement radical de personnalité. (Durand, 2010, p.58)

D'autres études de cas similaires, furent publiées à la fin du XIX^{ème} siècle et début XX^{ème} siècle, qui permirent d'affiner l'inventaire des troubles du comportement observables après lésions frontales.

C'est au début des années 1960, avec les travaux de Luria (1966), et de Milner (1963), que va apparaître le concept de fonctions exécutives pour décrire des processus spécifiques. Dès lors, la description du syndrome frontal va s'enrichir d'un pan cognitif grâce au développement de nombreux tests d'évaluation des aspects de l'activité cognitive frontale. Ces tests ont permis de relever des difficultés de génération de concepts, d'inhibition, de flexibilité mentale et de planification chez les patients avec lésions frontales. Le retentissement des perturbations frontales sur d'autres fonctions cognitives est également décrit, notamment sur les fonctions mnésiques. (Durand, 2010, p.58)

II. Définition des fonctions exécutives

Les fonctions exécutives, désignent des processus cognitifs et regroupent des fonctions élaborées, comme la logique, la stratégie, la planification, la résolution de problèmes et le raisonnement. Elles interviennent essentiellement dans les situations qui demandent de la réflexion et de la créativité, lorsqu'il est nécessaire de s'adapter à des situations nouvelles non routinières. Ces fonctions offrent une souplesse dans le traitement de l'information à chaque instant.

Elles permettent d'adapter notre comportement aux exigences de l'environnement. Elles sont nécessaires pour effectuer des activités telles que la planification, l'organisation, l'élaboration de stratégies, être attentif et se rappeler des détails. Dans ce sens nous présenterons ici la définition de certains auteurs :

- **Définition selon Hongwanishkul, et Happaney:**

Hongwanishkul, et Happaney, (2005,p.80) considèrent Les fonctions exécutives, comme représentant un « construit » rassemblant plusieurs fonctions cognitives de haut niveau, qui permettent d'exercer un contrôle intentionnel sur sa pensée et ses actions en supervisant la mobilisation de toutes les autres fonctions cognitives engagées dans une action orientée vers un but dans deux situations :

1) lorsqu'il n'existe pas de routine (d'automatisme cognitif) ou quand celles-ci sont inappropriées à l'action parce que cette dernière est nouvelle.

2) lorsque l'activité est complexe (notion de surcharge cognitive).

- **Définition selon Godefroy et le greffex :**

En neuropsychologie humaine, la notion de « fonctions exécutives » fait références à des « fonctions de direction » permettant, lors de la réalisation d'une tâche, la définition d'un but ou des objectifs à atteindre, d'une stratégie pour y parvenir, le contrôle de sa mise en œuvre et des résultats. Elles correspondent donc à des fonctions de haut niveau (des fonctions de contrôle), impliquées dans de nombreuses formes d'activités cognitives.

Bien que les liens qui existent entre les lobes frontaux et les fonctions exécutives soient assez étroits. L'appellation de fonctions exécutives (et de syndromes dysexécutif) est très largement préférée à celle de fonctions frontales (et de syndrome frontal). (Godefroy et al, 2013, P.9).

III. La notion de fonctions exécutives

- **Planification**

D'après Revel (2011, p.22), l'habileté de planification peut être décrite comme la manière de prédire et d'évaluer ses comportements, ainsi que de constituer et coordonner une séquence d'actions afin de réaliser un but précis. Cette capacité nécessite la mise en œuvre d'une série de mesures pour atteindre l'objectif visé. En ce sens, il est indispensable que l'individu ait une juste représentation de la situation et du but à atteindre. Plus précisément, il doit être en mesure d'élaborer un ensemble de stratégies appropriées à la situation, de même que de superviser l'exécution de ses comportements.

- **Flexibilité mentale :**

Pour Chevalier (2010, p.55), la capacité à changer de tâche ou de stratégie afin de passer d'une opération cognitive à une autre. Cette habileté amène l'individu à désengager son attention vis-à-vis une tâche afin de s'engager dans une nouvelle situation, en fonction des exigences de cette dernière.

Selon Monsell (2003, p.33), les épreuves de flexibilité mentale permettent d'évaluer la capacité de l'individu de passer d'un état cognitif à un autre, soit d'une activité mentale à une autre, ou d'un type d'opération à un autre.

- **Jugement :**

D'après Thorn (et al., 2015, p.3), « C'est la capacité à évaluer la meilleure alternative face à un problème en fonction des buts à atteindre, des valeurs et des règles sociales. Ceci permet de prendre des décisions appropriées et d'adopter des comportements adaptés aux situations. »

- **Mise à jour :**

Selon Degiorgio et al., il s'agit de la capacité à **rafraîchir le contenu de sa mémoire de travail**, dans laquelle l'information est maintenue de manière temporaire, le temps de traiter d'autres informations, en tenant compte des informations nouvelles qui lui sont transmises. (Thorn et al., 2015, p.4)

- **Inhibition :**

Selon Nadège, il s'agit de la **capacité à s'empêcher** de produire une réponse automatique, à arrêter la production d'une réponse en cours et écarter les stimulations non pertinentes pour l'activité en cours. (Nadège, 2015, p.8)

Une capacité d'inhibition qui se réfère à une série de mécanismes qui permettent la

suppression des cognitions et des actions inappropriées, et la résistance aux interférences causées par l'information non-pertinente. C'est la capacité de supprimer l'expression ou la préparation de l'information qui perturberait le bon achèvement de l'objectif souhaité. Cette fonction exécutive permet le contrôle de la cognition et du comportement. Cette capacité d'inhibition est en outre liée à la compétence sociale et la régulation émotionnelle.

- **mémoire de travail :**

Selon Girard (cité Lechevalier et al., 2008, p.327) et ces collègues, le concept de mémoire de travail était proposé par Baddeley et Hitch, est défini comme un système mnésique responsable du traitement, et du maintien temporaire des informations nécessaires à la réalisation d'activités aussi diverses que la compréhension, l'apprentissage et le raisonnement. (Traité de neuropsychologie clinique, Deboech). (Girard et al., 2008, p.327)

Dans l'étude de Miyake (cité par Bordes, 2011, p.52), portant sur les différences individuelles du fonctionnement exécutif, il se concentre sur trois fonctions exécutives fréquemment postulées dans la littérature : le shifting (flexibilité mentale), la mise à jour, et l'inhibition. Pour chacune d'entre elles, il sélectionne plusieurs tâches simples faisant appel à chaque fonction exécutive cible, de manière à statuer sur l'unité ou la diversité du système exécutif.

Selon Miyake (cité par Bordes, 2011, p.52), la première fonction exécutive (le shifting) correspond à la capacité de passer d'une tâche ou d'une opération mentale à une autre... Et implique également la capacité d'exécuter une nouvelle opération en présence d'une interférence ou d'un amorçage négatif. (Bordes, 2011, p.53)

La deuxième fonction exécutive postulée par **Miyake** correspond à la mise à jour et au contrôle des représentations de la mémoire de travail, elle permet de manipuler dynamiquement et activement le contenu de la mémoire de travail.

La troisième fonction exécutive étudiée par **Miyake**, concerne la capacité à inhiber, de manière consciente et délibérée, des réponses automatiques ou

dominantes lorsque cela est nécessaire. Cette exception utilisée par **Miyake** englobe la suppression contrôlée et délibérée des réponses automatiques et dominantes.

IV. Fonction exécutive et mémoire de travail :

Moret et ces collègues, ont mis l'accent sur la mémoire de travail et les fonctions exécutives et confirment l'existence d'un lien très étroit entre les deux notions.

Ils définissent les fonctions exécutives comme : « des processus cognitifs de haut niveau, contrôlés et décisionnels, et sont mises en œuvre lorsqu'un traitement contrôlé demandant un effort mental est requis. Elles permettent aux individus d'organiser et de structurer leur environnement et leurs actions, surtout dans des situations nouvelles, non automatisées et conflictuelles ou lors de la réalisation de tâches complexes, et non automatisées nécessitant un contrôle conscient. Elles permettent de répondre de façon flexible à l'environnement, et d'engager des pensées ou des actions dirigées vers un but. Elles interviennent donc peu dans les tâches routinières et automatisées, qu'elles soient mentales ou linguistiques. Les processus contrôlés sont lents, très coûteux en attention et dépendants du fonctionnement exécutif. Ils sont de plus facilement parasités par des processus automatisés. Les processus automatisés, quant à eux, sont rapides et nécessitent peu de ressources attentionnelles et exécutives. Ils sont cependant difficiles à inhiber ». (Moret et al., 2013, p.58)

Pour Colette (citée par Bargue, 2013, p.36), les données actuelles de la littérature permettent de mettre en exergue de ces fonctions des processus tels que l'inhibition, la flexibilité cognitive, et la planification d'une action.

Selon Bargue (2013, p.37), La mémoire de travail (MDT) est définie comme : « une composante cognitive à caractère dynamique. Elle est chargée de maintenir en mémoire et de manipuler, simultanément, des éléments arrivés en mémoire ».

V. Rôle des fonctions exécutives :

Nous avons besoin des fonctions exécutives dans notre vie quotidienne. Elles nous permettent par exemple de planifier des actions, terminer un travail à temps, garder à l'esprit plus d'une chose à la fois,

évaluer des idées, changer d'avis, apporter des corrections à mi-parcours d'une action, demander de l'aide si besoin, s'engager dans une dynamique de groupe.

Selon Magnard (2017, p.20), Le rôle des fonctions exécutives est crucial puisqu'il permet, au sein d'un environnement complexe en constante évolution, l'élaboration, l'exécution et le contrôle efficient de comportements finalisés. Par exemple, de nombreux travaux ont démontré l'importance des fonctions exécutives pour le contrôle des comportements moteurs, tels que l'équilibre orthostatique et la marche, aussi bien chez l'enfant, que chez le jeune adulte et l'adulte âgé.

D'après Er-rafiqi et al (2011, p.27), les fonctions exécutives (FE) jouent un rôle déterminant dans le développement psychologique de l'enfant. Ces dernières années, leur étude a suscité un intérêt majeur dans le champ de la neuropsychologie de l'enfant, plus particulièrement depuis l'accumulation d'arguments empiriques suggérant un lien potentiel entre les perturbations exécutives et les difficultés d'ordre cognitif, scolaire et psychosocial.

VI. Régions principale responsables des fonctions exécutives :

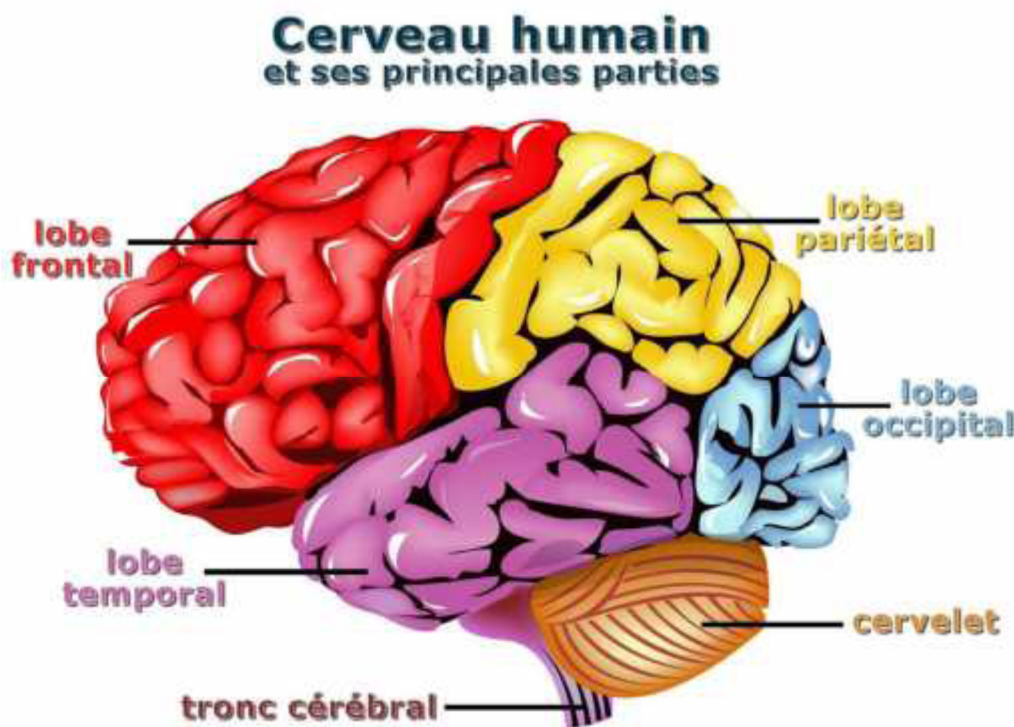


Figure N° 07 : Vue latérale du cortex préfrontal
(BARTOLAMI, 2014, p11)

Selon, Anderson (2002, p.66), les fonctions exécutives sont principalement rattachées au développement des régions frontales, considérées comme leur siège anatomo-fonctionnel.

Cependant, l'activation des aires frontales dépend des relations étroites qu'elles entretiennent avec diverses structures sous corticales (thalamus, hypothalamus, structures limbiques ...) ainsi qu'avec des régions postérieures du cerveau (cortex occipital, temporal, pariétal...).

Ces interconnexions ont permis d'attribuer au cortex préfrontal, qui est le cortex associatif du lobe frontal, une fonction d'intégration des données environnementales, des états internes ainsi que des événements passés, lorsqu'il s'agit d'adapter ou d'actualiser un plan d'action (Boujon et al, 2002, p.97).

Ils sont divisés en 3 régions :

- Le cortex moteur primaire : organisé selon l'homoncule, il détermine la motricité volontaire.
- Le cortex pré-moteur : il comprend une aire motrice supplémentaire. Il permet une programmation motrice élaborée.
- Le cortex préfrontal : il comprend l'aire occulo-motrice, les aires de Broca et trois autres parties : la partie dorso-latérale, la partie orbitofrontale et la partie interne.

D'après Collette (et al, 2013, p.20), des activations cérébrales seraient communes à certaines tâches exécutives mesurant différentes composantes, comme par exemple les régions pariétales et le CPF latéral. Les activations au niveau du cortex frontal inférieur droit sont fréquemment associées aux processus d'inhibition.

En fonction des tâches, l'inhibition serait associée à des activations des aires préfrontales mais également des régions postérieures et sous-corticales. En effet, Nigg, (cité par Calderonplata 2013, p.21), a postulé plusieurs subdivisions des processus d'inhibition comme l'inhibition automatique sous-tendue par des structures sous-corticales et aires postérieures du cortex, l'inhibition motrice ou comportementale associée à des activations au niveau du CPF orbital et latéral et l'inhibition cognitive sous-tendue par le CPF cingulaire et dorsolatéral. Chaque type d'inhibition serait ainsi associé à un réseau différencié.

Collette (et al, 2013, p.21), ont rapporté que plus l'activation de région de CPF lors des tâches de la mémoire de travail (MDT) les aires pariétales aussi seraient activées ce qui confirme que le CPF ne serait pas la seule région activée lors des tâches des fonctions exécutives et de MDT. De même, l'étude de

Wager portant sur les régions responsables par l'activation de la flexibilité a montré une implication du CPF dorsolatéral et ventro-latéral ainsi que des régions pariétales et des aires pré-motrices.

De plus, Émond, ont confirmé que la fonction de la planification est associée à l'activation de l'aire dorsolatérale dans le lobe préfrontal. (Émond et al, 2017, p.10)

VII. Les théories globales des fonctions exécutives :

- **Modèle de Luria :**

Chauvel (2012, p.10), décrit le modèle de Luria qui fut le premier à tenter de modéliser les processus exécutifs, Dans les années 60, à partir de ses observations cliniques concernant les sujets ayant subi une lésion frontale.

Ainsi, il a répertorié l'ensemble des comportements de ces sujets face à des tâches de résolution de problèmes. Il remarque alors que les sujets sont dans l'incapacité de mettre en place un plan précis, de reconnaître les contraintes liées au problème, et adoptent un comportement impulsif face à la tâche, phénomène qu'il décrit comme une atteinte de l'autorégulation.

Luria conclut donc que les tâches de résolution de problème nécessitent un ensemble de facultés qui sont :

- L'anticipation : analyse des données initiales
- La planification : élaboration d'un programme ordonnant et organisant les différentes activités nécessaires à la tâche.
- Exécution du programme
- Confrontation du résultat avec les données initiales

D'autres auteurs ont tenté de déterminer les composantes du système exécutif. Ces auteurs ont basé leur théorie sur le fait que certaines actions dites routinières sont réalisées de façon automatique du fait de leur répétition au quotidien. Au contraire, des actions dites nouvelles nécessitent un contrôle attentionnel plus important pour être menées correctement à terme.

Le modèle de Shallice et Norman (1980), influencé par la conception de Luria, s'appuie sur le contrôle attentionnel, dans le but de rendre compte des différents niveaux de contrôle de l'action.

Selon Chauvel(2012, p.12), ce modèle (sous contrôle du cortex frontal) regroupe les fonctions de contrôle de l'action qui intervient dans le but de planifier un nouveau plan d'action ou réorganiser un ancien plan.

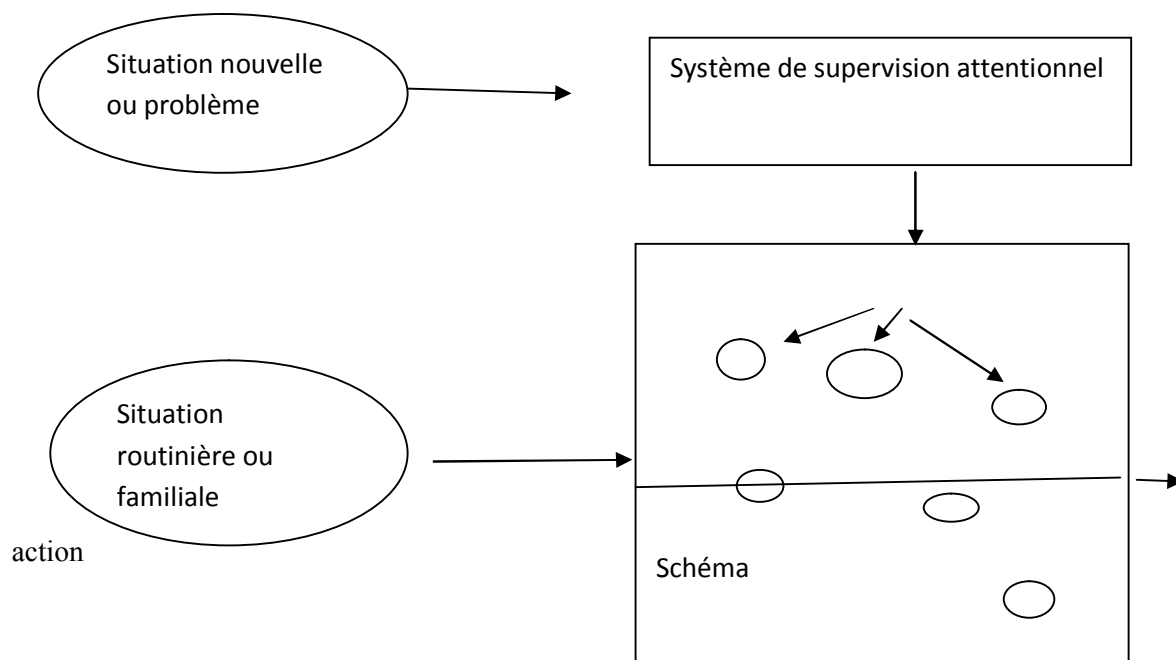


Figure 08 : Modèle de Shallice et Norman (1980). (Bargue, 2013. p.42).

Ce modèle comporte 3 composantes distinctes :

- **Les Schémas : (Schéma de bas niveau, Schéma de haut niveau)**

Ils constituent l'unité de base du modèle. Ces schémas correspondent à des structures de connaissances qui contrôlent les actions ou pensées sur-apprises déclenchées sans intervention attentionnelle.

- **Le gestionnaire de conflits :**

Il s'agit d'un système semi-automatique qui intervient dans le cas où les schémas rentrent en conflit. Le gestionnaire a pour rôle de déclencher rapidement, après sélection, le schéma ou groupe de schémas le plus pertinent en rapport avec le but déterminé. Son action se déroule par le biais de mécanismes d'inhibition qui empêchent l'activation de deux schémas nécessitant les mêmes ressources.

- **système attentionnel superviseur (SAS) :**

Le SAS, intervient en modulant le gestionnaire des conflits en ajoutant de l'activation de l'inhibition supplémentaire aux schémas.

D'après Chauvel (2012, p 12) le SAS est donc une entité hétérogène qui regroupe un ensemble de facultés appartenant aux fonctions exécutives qui sont:

- L'établissement d'un but
- La formulation préalable d'un plan
- Le déclenchement des marqueurs/ références
- Les processus d'évaluation du plan
- Les mécanismes de correction au cours de l'exécution

Les modèles globaux développent des schémas pour expliquer la façon dont les sujets sains planifient leurs actions et la diversité des déficits cognitifs présentés par les patients cérébraux lésés.

Un modèle proposé par Miller et Cohen (2001), s'attaque à cette notion d'unité des fonctions exécutives. Ce modèle a été construit à partir de divers travaux menés dans de nombreux domaines de recherche, tels que la neurobiologie, la neuropsychologie, la neuroimagerie et la modélisation informatique. Leur étude est centrée sur le rôle du CPF dans le fonctionnement exécutif. En effet, il possède, sur un plan neuroanatomique, toutes les qualités pour y tenir un rôle central : il représente 30% de l'ensemble du cortex, ce qui lui permet d'héberger un grand nombre de plans d'actions, composés du but à atteindre et du moyen de l'atteindre, nommés patterns d'activité. De plus, il est connecté à toutes les autres zones du cerveau par le biais de réseaux neuronaux, ce qui lui permet d'avoir accès à de nombreuses informations multimodales indispensables à la synthèse, la coordination et la régulation des informations et processus.

Miller et **Cohen** expliquent que grâce à des observations lors d'études neurophysiologiques, on peut avancer que le contrôle cognitif découlerait du maintien de patterns d'activité dans le CPF jusqu'à ce que l'objectif soit atteint, et ce même en présence de distracteurs. Ensuite, le cortex préfrontal envoie des signaux aux autres structures cérébrales qui prennent en compte les données internes et externes nécessaires pour accomplir la tâche. Le CPF permet de

donner plus de poids à la réponse pertinente en aiguillant l'influx nerveux le long des circuits adaptés. Le CPF est une « mémoire active au service du contrôle ».

L'intervention du CPF permet donc l'utilisation préférentielle de certains réseaux neuronaux. Lors d'une situation nouvelle, si le comportement mis en place est le bon, des signaux neuronaux vont établir ce pattern d'activité en renforçant les connexions entre les neurones utilisés pour mener l'action à terme.

D'après Dadre (et al, 2015, p.7,8), le cortex préfrontal n'est pas indispensable pour l'exécution de tâches automatiques, qu'elles soient innées ou liées à l'apprentissage. A l'inverse, dès que le comportement doit être guidé par l'intention, nous utilisons nos représentations internes pour identifier le but à atteindre et la manière de l'atteindre. Ainsi, face à une tâche nouvelle, les indices produits par l'environnement activent des représentations internes au sein du CPF, qui peut sélectionner le schéma d'action approprié. Ce fonctionnement est important pour les tâches inhabituelles ou celles, plus fréquentes, qui génèrent une réponse automatique qui n'est exceptionnellement pas adaptée. Les représentations doivent s'adapter à un environnement changeant: le CPF assure également la mise à jour des représentations. La plasticité neuronale permet un auto-apprentissage : le système peut donc identifier de lui-même quand il doit mettre à jour ses représentations. Enfin, il permet de contrôler que la tâche a été correctement accomplie selon les données de départ.

Ainsi, dans ce modèle, les fonctions exécutives ne seraient pas activées par le CPF mais à l'inverse, face à une tâche nouvelle, celui-ci activerait un pattern d'action qui entraînerait l'utilisation de certaines fonctions exécutives.

VIII. Le modèle de Hasher, Zacks et May (1999)

Pour Hasher et al. in Magnard (2017) Ce modèle postule que le fonctionnement inhibiteur est spécifiquement lié aux capacités de la mémoire de travail. En effet, ces auteurs suggèrent une articulation du fonctionnement inhibiteur selon trois fonctions d'inhibition distinctes assurant le contrôle du contenu de la mémoire de travail. Ces fonctions sont décrites comme opérant à des étapes différentes du traitement de l'information et sont nommées fonction

de filtrage (accessingfunction), fonction de suppression (deletingfunction) et fonction de restriction (restrainingfunction).

- **Inhibition de filtrage :**

Ce processus de filtrage, aurait pour rôle de déterminer quelles représentations peuvent être encodées en mémoire de travail, afin de servir la réalisation de l'objectif visé. Les éléments non-pertinents, ainsi que les représentations activées automatiquement par la présence de stimuli familiers sont filtrés avant même d'atteindre le champ de la conscience. Un dysfonctionnement de ce processus de filtrage engendrerait des conflits lors de la récupération des éléments (pertinents vs. non pertinents) pour la tâche en cours.

- **Inhibition de suppression :**

D'après Bjorkin (2017), ce processus de suppression aurait pour rôle de supprimer les représentations activées en mémoire de travail, qui ne sont plus utiles à l'objectif visé. La suppression des informations devenues non-pertinentes est considérée comme centrale pour assurer l'efficacité de la mise à jour des représentations contenues en mémoire de travail. Son dysfonctionnement favoriserait la présence en mémoire de travail d'informations anciennement utiles, engendrant ainsi des phénomènes d'interférence.

- **Inhibition de restriction**

Selon Mayet ces collègues(2017), Ce processus de restriction opèrerait face à la nécessité d'empêcher le déclenchement d'une réponse habituelle, et fortement prédominante en mémoire de travail, lorsque celle-ci n'est pas adaptée à la tâche, ou lorsqu'une réponse alternative, moins dominante, doit nécessairement être produite. Un dysfonctionnement de ce processus favoriserait la production de réponses inadaptées.

Le modèle de Hasher et ces collègues (1999), amène à penser que le fonctionnement inhibiteur s'exprime sur un versant perceptif (inhibitions de filtrage et de suppression), afin de contrôler le contenu représentationnel de la mémoire de travail, ainsi que sur un versant décisionnel (inhibition de restriction), en supprimant l'omnipotence de certains schémas de réponses automatiques inappropriés à la situation. (Magnard, 2017,P.33)

- **Modèle de la MDT (Baddeley, 2000) :**

Ce modèle, représente actuellement une des propositions théoriques les plus influentes pour rendre compte des processus de maintien à court terme de l'info. La rétention temporaire et la manipulation de l'info lors de différentes activités cognitives reposent sur le fonctionnement coordonné d'un ensemble de sous-composantes.

Ce modèle, a pour but de maintenir temporairement des informations sous un format facilement accessible, pendant la réalisation de tâches cognitives diverses, et maintenir des informations à des fins d'utilisation immédiate. (Guichart, 2006, p.12)

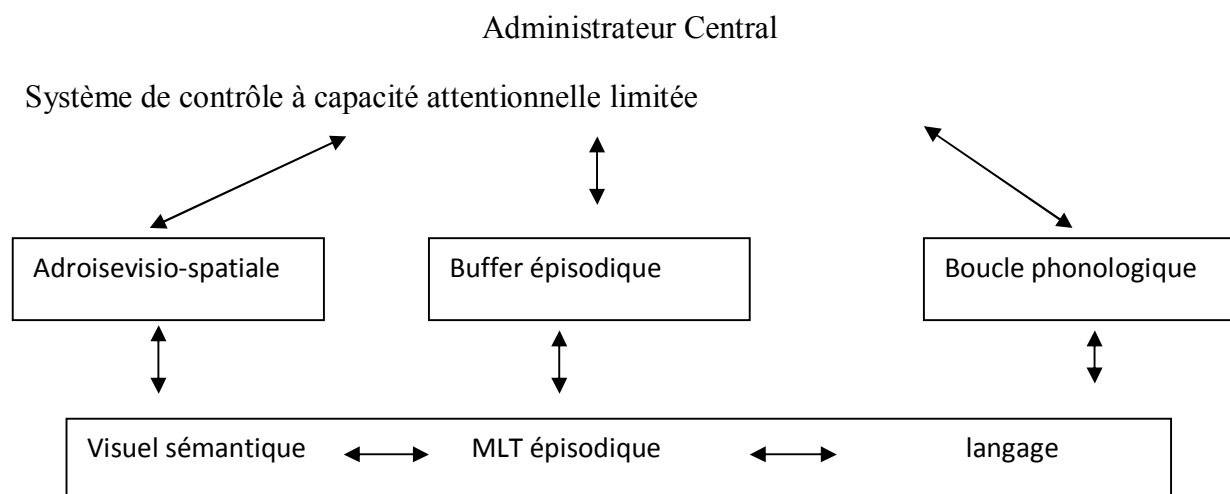


Figure N° 09 : Modèle de la Mémoire de Travail Baddeley 2000.

Pour **Degiorgio**, l'administrateur central supervise le fonctionnement de la mémoire de travail, et la coordination de l'activité de ces deux autres sous-systèmes : la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial.

Le calepin visuo-spatial est constitué d'un espace de stockage pour les informations visuelles et spatiales et d'une boucle de répétition maintient les informations visuo-spatiales et les images mentales.

Il fonctionne de manière similaire à la boucle phonologique qui est le sous-système qui maintient en mémoire les informations verbales entendues ou lues.

Les informations verbales sont conservées pendant plus ou moins 2 secondes dans un stock. Passé ce délai, les informations commencent à s'effacer.

D'après Diamond, les théories de la mémoire de travail intégrant certains aspects du contrôle inhibiteur dans ce que l'on appelle la mémoire de travail. (Diamond, 2013, p.147)

Bien que les chercheurs sur l'FE considèrent la MDT comme un sous-composant des FE, de nombreux chercheurs en mémoire de travail utilisent le terme MDT de manière beaucoup plus large, de sorte qu'il devient à peu près synonyme des EF. Par exemple, Engle et Kane définissent la MDT comme une aptitude à (a) maintenir les informations sélectionnées dans un état actif, facilement récupérable.

Miyake et ces collègues ont étudié la structure de ces trois FE chez l'adulte en proposant plusieurs tâches censées mesurer chaque fonction spécifiquement....Une actualisation de ce modèle a été proposée par **Friedman**, qui fait émerger un nouveau cadre théorique.

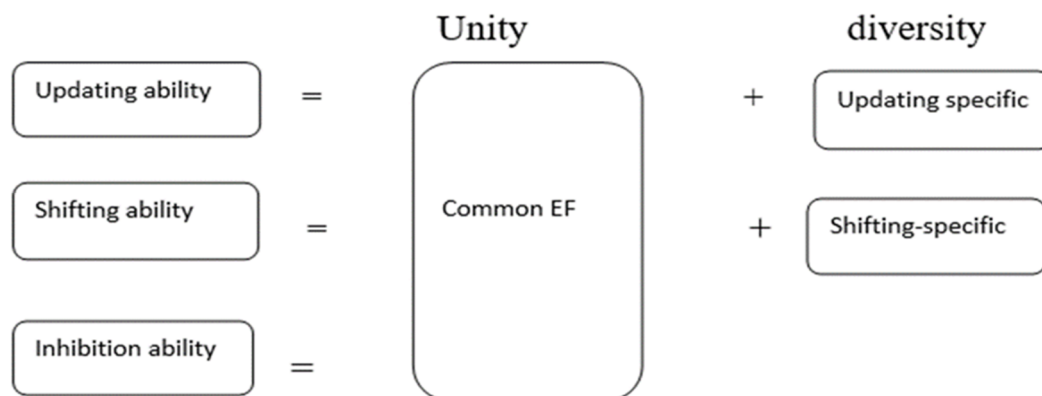


Figure N° 10 : Représentation schématique d'un nouveau modèle de l'organisation

Selon Calderonplata, le modèle représenté schématiquement sur la figure 4, chaque FE principale résulte de la combinaison entre ce qui est commun à toutes « comme on EF », qui relève donc d'une certaine unité et de ce qui est spécifique à chaque composante, qui représente alors l'aspect diversifié. Dans ce nouveau modèle, l'inhibition est absente de l'aspect diversifié car les analyses multidimensionnelles ne permettent pas de montrer une variance unique pour ce facteur après avoir contrôlé le poids du facteur commun exécutif. L'inhibition serait, selon ce modèle chez l'adulte, un processus de contrôle général nécessaire à l'exécution de toutes les FE. (Calderonplata, 2013, p.19)

IX. Développement des fonctions exécutives chez les enfants :

Les fonctions exécutives se construisent au fil du temps, et ce, dès les premières années de vie. L'enfant naît avec le potentiel de développer les habiletés liées à

ces fonctions. Bien encadré et stimulé par ses parents, par son éducateur en service de garde ou par son enseignant, il pourra améliorer ces habiletés. (Zelazo et al., 2008, p.54)

- **La période préscolaire (3 à 5 ans) :**

L'âge préscolaire représente une période charnière durant laquelle se produisent de multiples et grands changements en ce qui a trait au développement des fonctions exécutives. D'ailleurs, cette période est la plus étudiée par les scientifiques. Ils notent une grande amélioration, à cet âge, des capacités liées au développement des fonctions exécutives, plus particulièrement en ce qui concerne les capacités d'inhibition, tandis que les capacités de flexibilité cognitive et de mémoire de travail s'améliorent plus graduellement. Il importe donc particulièrement de soutenir les enfants dans le développement des fonctions exécutives durant cette période afin qu'ils soient bien préparés à entrer à l'école, ce qui favorisera leur réussite éducative. (Best et al., 2010, p.97)

- **La période scolaire (5ans -12ans)**

Les recherches de Best et Diamond et ces collègues, montrent toutefois qu'au moment où les enfants entrent à l'école, leurs fonctions exécutives se développent de plus en plus, et ils sont en mesure d'effectuer des tâches plus complexes.

Durant cette période, les parents et enseignants jouent un rôle clé dans le développement des fonctions exécutives des enfants en leur fournissant des occasions de décider de leurs activités, et offrant un environnement propice au développement de ces fonctions exécutives. (Diamond et al., 2010, p.88).

X. Les troubles des fonctions exécutives (FE) :

Campanella et ses collègues ont regroupé les troubles des FE, sous le terme de troubles des FE ou troubles dysexécutifs ou syndrome dysexécutif. Toutes les anomalies des FE quel que soit le mécanisme les ayant provoqués. Il peut être consécutif par des mécanismes et/ou des maladies portant atteinte à l'intégrité physique des lobes frontaux ou empêchant leur bon fonctionnement. Par conséquent, l'inter-connectivité reliée à d'autres régions du cerveau apporte comme résultat une atteinte des FE dont le locus est diffusé à travers le cortex cérébral et sous-cortical d'où l'appellation de syndrome exécutif et non plus syndrome frontal. Ce qui engendre par le fait même l'affectation d'autres

fonctions (autres que spécifiquement frontales) sous la gouverne du système exécutif.

Parmi les manifestations apparentes possibles, on décrit dans certains cas l'agitation, l'impulsivité, la difficulté à trouver des solutions adaptées et efficaces.

Les maladies en causes sont extrêmement variées. Il est possible de déceler une atteinte des FE après un traumatisme crânien et certaines maladies infectieuses ou inflammatoires du cerveau telles que la méningite et l'encéphalite auto-immune.

Il y a aussi certaines maladies du métabolisme tel que la maladie de Wilson, certaines tumeurs cérébrales, les séquelles d'un accident vasculaire cérébral(AVC), les suites de diverses maladies neurologiques et génétiques telles que l'épilepsie, la sclérose en plaque et la neurofibromatose.(Campanella et al, 2015, p.17)

D'après Sarkis,Plusieurs études ont suggères que la dépression était caractérisée par un déficit des FE, Notons également le registre des troubles psychopathologiques comme la schizophrénie, l'alcoolisme, l'Alzheimer, la démence, le Parkinson, les troubles du spectre autistique,Aussiles troubles de l'apprentissage ainsi que les troubles de l'attention (TDA/H-I) parmi les problèmes ayant comme conséquence une atteinte des FE.(Sarkis, 2015, p.18)

XI. Principale caractéristique des fonctions exécutives chez l'enfant :

- **Inhibition :**

Durant la période scolaire, les capacités d'inhibition continuent de se développer et de s'améliorer, bien qu'à un rythme moins fulgurant qu'à la période préscolaire. De grands progrès sont observés en ce qui concerne l'inhibition de stimuli moins pertinents, soit des distracteurs. En effet, vers l'âge de sept ans, les enfants sont en mesure d'inhiber des informations superflues, par exemple, en cherchant une cible parmi des détracteurs, et ce, au même titre qu'un adulte. (godin, 2018, p.11)

- **Mémoire de travail :**

Les enfants sont en mesure de garder en mémoire de plus en plus d'informations, et ce, sur une période plus longue. Cette habileté peut leur être particulièrement utile, lorsqu'ils jouent à des jeux de mémoire, par exemple, pour se rappeler les images et leur emplacement. (godin et al, 2018, p.11)

- **Flexibilité mental :**

Les capacités de flexibilité cognitive continuent de se développer. Les enfants peuvent alterner entre plusieurs tâches complexes et adapter leurs comportements à des changements soudains. (godin et al, 2018, p.11)

XII. Les fonctions exécutives et leur rôle central dans la réussite scolaire :

Selon Dencklaet ces collègues, les fonctions exécutives permettraient à un individu de se fixer un objectif, de planifier ses actions ainsi que de les diriger stratégiquement tout en vérifiant l'atteinte de son but au cours de la tâche ou à la fin de celle-ci. De ce fait, les fonctions exécutives seraient responsables des habiletés intervenant dans la résolution de problème (Zelazo et al, 1997,p.110),alors qu'il n'y a pas de routines d'actions automatisées pour réaliser cette activité complexe ou nouvelle. Selon Rabbitt,une situation Solliciterait les fonctions exécutives lorsqu'elle présente les caractéristiques suivantes: la nouveauté, le besoin de récupérer des informations en mémoire, le besoin d'initier une nouvelle séquence d'action, le contrôle de l'inhibition, la coordination d'au moins deux tâches simultanément, la détection d'erreurs et leur correction entraînant la modification du plan initial en cours de réalisation, le maintien d'une attention soutenue et, enfin, la mise en œuvre d'actions volontaires et conscientes. (Denckla et all,1997, p.66)

Les travauxMolfeseet ces collègues 2010 auraient établi que le fonctionnement exécutif serait un prédicteur de réussite pour les premiers apprentissages scolaires en mathématiques et en lecture.

Ainsi les recherches de Riccio, Sullivan, et Cohen, (2010),ont documenté les difficultés relevant des fonctions exécutives chez les élèves qui présentent différents troubles neurologiques dont les troubles d'apprentissage, le trouble déficitaire de l'attention et le trouble du spectre de l'autisme. Reconnaisant le rôle important des fonctions exécutives dans

plusieurs activités ou tâches cognitives, des chercheurs se sont intéressés aux facteurs pouvant influencer et stimuler leur développement.

Bien que des travaux supplémentaires soient encore nécessaires pour identifier plus précisément les aspects de l'environnement favorisant ou entravant leur développement, la nature des relations établies avec les pairs, les pratiques éducatives, l'encadrement ainsi que les mesures disciplinaires auxquelles l'enfant serait exposé à l'intérieur de son milieu familial et scolaire contribueraient à la modulation des habiletés associées aux fonctions exécutives (Hughes et al., 2011, p.66).

De plus, des travaux ont démontré que certaines périodes seraient plus sensibles à la stimulation des fonctions exécutives.

Cragg et Nation, (2008), ont confirmé que la maturation du cerveau s'effectuerait lentement chez les adolescents, mais d'importants changements auraient lieu sur le plan des fonctions exécutives alors que l'adolescent ferait preuve d'une meilleure capacité d'inhibition et d'une plus grande flexibilité cognitive. Cela dit, que l'adolescence représenterait un moment de réponse favorable aux activités d'entraînement et aux interventions visant l'amélioration des fonctions exécutives.

En éducation, Dawson et Guare, (2010), considèrent que les fonctions exécutives ont un rôle essentiel dans la réussite scolaire des élèves, avec ou sans difficulté d'apprentissage, et reconnaissent la nécessité de soutenir les fonctions exécutives dans les pratiques d'enseignement en classe et, en ce sens, ont développé des modèles d'intervention dont les pratiques sont reconnues efficaces. D'ailleurs, Guare, (2014), souligne que l'efficacité des modèles d'intervention mis en place dans ce but devrait être jugée par l'influence de celui dans des situations réelles de résolution de problème.

Ainsi, pour améliorer le rendement scolaire des élèves, il importerait donc selon lui, d'analyser l'impact des fonctions exécutives dans les différentes tâches et d'intervenir en tenant compte du contexte (p. ex. en compréhension de lecture, en production écrite) dans lequel l'élève doit démontrer ses capacités à utiliser ses fonctions exécutives. (Brassard, 2017, p.14).

XIII. Tests d'évaluation des fonctions exécutives

Selon Carlson, les tâches basées sur la performance s'appuient sur un matériel et une procédure de passation standardisée, avec un examinateur et une mesure de la réussite de l'enfant (habituellement en termes de précision et/ou de temps de réponse). Plusieurs épreuves de ce type, généralement au format «papier-crayon» et issues de l'adulte, ont été adaptées à l'enfant d'âge préscolaire ou scolaire. Sans aller jusqu'à un inventaire exhaustif, quelques outils disponibles en français sont présentés, permettant d'évaluer différentes facettes du fonctionnement exécutif. (Roy, 2005, p.10)

D'après Roy, plusieurs épreuves sont susceptibles de renseigner les capacités de planification. Les performances à ces tests doivent être interprétées avec précaution, dans la mesure où elles sont particulièrement multi-déterminées. C'est le cas de la Figure de Rey (1959), qui peut orienter vers un déficit des stratégies organisationnelles. Afin d'appréhender plus spécifiquement cette dimension, une version alternative dotée d'un programme en étapes a été élaborée et cliniquement validée en montrant que l'échec fréquent de certains patients à la forme classique de l'épreuve était davantage lié à un trouble exécutif qu'à un déficit visuospatial ou praxique. (Roy, 2005, p.10)

L'évaluation des processus inhibiteurs peut s'appuyer sur plusieurs épreuves de la NEPSY. Compte tenu d'un manque de sensibilité, les tâches Cogner et Frapper et Attention visuelle ont été abandonnées dans la seconde mouture de la batterie, qui propose en revanche une tâche apparentée au Stroop (Inhibition), en plus des subtests Statue et Attention auditive/réponses associées. Bien qu'à utiliser avec prudence (compte tenu des limites de l'étalonnage), les subtests sont ludiques et pour certains destinés aux enfants d'âge préscolaire...

Pour Heaton (cité par Roy, 2002, p.11), les outils validés pour examiner la flexibilité mentale et la mémoire de travail sont moins nombreux. Si le test classique de classement des cartes du Wisconsin est envisageable pour la flexibilité, l'étalonnage français est restreint, en plus d'un problème récurrent d'interprétation clinique. Le subtest Catégorisation de la NEPSY II offre une alternative intéressante mais le raisonnement conceptuel reste potentiellement déterminant dans l'échec. Une adaptation du Trail Making Test a également été proposée auprès d'enfants Suisses, avec contrôle de l'équivalence spatiale entre les différentes parties de l'épreuve.

De nombreux tests sont utilisés en neuropsychologie pour mettre en évidence, et évaluer les troubles de ces fonctions exécutives. Nous vous proposons dans les fiches d'activités qui suivent, de détourner certains de ces tests afin de mettre en évidence pour vos élèves quelques-unes de ces grandes fonctions de notre cerveau. Cependant, afin d'éviter tout risque de surinterprétation des différences individuelles qui pourront s'observer, nous vous conseillons de mettre en place ces activités sur un mode ludique et pratique, puis d'avoir une lecture collective et statistique des résultats réalisés.

- **Test permettant d'évaluer globalement les fonctions exécutives :**

Le Wisconsin CardSorting Test

Cette épreuve permet une évaluation globale des fonctions exécutives, et plus particulièrement la capacité à passer d'une tâche mentale à une autre (switch). On présente au sujet 4 cartes qui diffèrent de par leur couleur, la forme des items présentés sur chaque carte (ronds, carrés, triangles, etc.) et de par le nombre de ces items. Le sujet testé a, dans sa main, le paquet du reste des cartes. Sa tâche est de catégoriser une à une les cartes restantes en les posant sur l'un des 4 tas. On ne lui donne pas de critère pour organiser ses

cartes, il peut, à sa guise les classer par couleurs, formes ou nombres de formes mais l'examineur lui signifie uniquement par oui ou par non si le critère choisi est le bon. On laisse alors le sujet organiser ses cartes selon le premier critère choisi pendant quelques cartes, puis à un moment, l'examineur décide de changer de critère et le sujet doit retrouver le nouveau critère de classification. La mesure principale de cette tâche est alors les erreurs persévératives (c'est-à-dire si le sujet persévère dans le critère qui lui est devenu routinier). Cela permet de voir si le sujet est capable de tenir compte de l'information en retour, mais aussi s'il est capable d'inhiber une réponse qui lui est devenue routinière.

- **Tests permettant de mesurer la flexibilité mentale :**

Le test des Tracés (TrailMaking Test, ou TMT)

Cette épreuve mesure la flexibilité mentale et se déroule en deux temps. Dans un premier temps, le sujet doit relier des nombres dans l'ordre croissant le plus rapidement possible (1-2-3-4 ...), et dans un second temps il doit procéder de la même manière mais en alternant des nombres et des lettres (1-A-2-B-3-C ...).

Il s'agit donc de planifier en parallèle, mais de manière alternée, deux séries automatisées sans qu'elles interfèrent entre elles, en activant temporairement la séquence pertinente et en inhibant temporairement la seconde.

- **Test permettant de mesurer la capacité d'inhibition :**

La tâche Stroop

Cette épreuve permet de mesurer l'inhibition. Dans cet exercice, des noms de couleurs qui sont imprimés en différentes couleurs d'encre, sont présentés aux participants. La tâche consiste à désigner la couleur de l'encre du mot le plus rapidement que possible, en ignorant le contenu du mot (ROUGE/ROUGE). Les résultats montrent généralement des difficultés à nommer la couleur appropriée lorsque la couleur de l'encre est différente du mot de couleur. En effet, lire un mot est une action automatique, alors que dire la couleur d'un mot est une tâche plus inhabituelle. Pour réussir la tâche, il est donc indispensable d'inhiber le processus automatique de la lecture afin de se concentrer uniquement sur la couleur de l'encre. On remarque que les enfants qui n'ont pas encore appris à lire et les adultes illettrés n'ont aucune difficulté lors de ce test puisqu'ils n'ont pas à inhiber le processus automatique de lecture, qui n'existe pas chez ces personnes.

12.1 Test permettant de mesurer la capacité de planification :

- La tour de Londres

Ce test permet d'évaluer le fonctionnement du système attentionnel de supervision. Ce système nous sert à sélectionner et à planifier nos actions lorsque nous sommes dans une situation inhabituelle.

La tâche du sujet consiste à amener les trois boules colorées de la situation de "départ" à la situation dite "arrivée", en suivant quelques règles de jeu définies au préalable.

Dans ce test, agir par essai-erreur est extrêmement long et frustrant. Pour réussir, le sujet doit plutôt visualiser la séquence de déplacements qui va le conduire à la solution puis, il va sélectionner les déplacements pertinents à faire et les agencer temporellement.

XIV. Les fonctions exécutives et calcul:

L'apprentissage et l'exécution réussis des mathématiques reposent sur une série de facteurs individuels, sociaux et éducatifs. Des recherches récentes suggèrent que les compétences des fonctions exécutives, qui comprennent, la programmation des tâches selon un plan précis (planification), la suppression d'informations gênantes et les réponses non désirées (inhibition) et la pensée flexible (changement), jouent un rôle critique dans le développement des compétences en mathématiques. (L.Gragget al,2014, p.89), ont étudiés les relations concurrentes entre les mathématiques et les compétences des fonctions exécutives, le rôle des compétences des fonctions exécutives dans l'exécution de calculs mathématiques et la manière dont les compétences facilitent l'acquisition de nouvelles connaissances en mathématiques.

Contenu

I.	Historique des fonctions exécutives :	61
II.	Définition des fonctions exécutives	62
	• Définition selon Hongwanishkul, et Happaney:.....	62
	• Définition selon Godefroy et le grefex :	62
III.	La notion de fonctions exécutives.....	63
	• Planification	63
	• Flexibilité mentale :	63
	• Jugement :	63
	• Mise à jour :	63
	• Inhibition :	63
	• mémoire de travail :	64
IV.	Fonction exécutive et mémoire de travail :	65
V.	Rôle des fonctions exécutives :	65
VI.	Régions principale responsables des fonctions exécutives :	66
VII.	Les théories globales des fonctions exécutives :	68
	• Modèle de Luria :	68
VIII.	Le modèle de Hasher, Zacks et May (1999)	71
	• Inhibition de filtrage :	72
	• Inhibition de suppression :	72
	• Inhibition de restriction	72
	• Modèle de la MDT (Baddeley, 2000) :	73
IX.	Développement des fonctions exécutives chez les enfants :	74
	• La période préscolaire (3 à 5 ans) :	75
	• La période scolaire (5ans -12ans).....	75
X.	Les troubles des fonctions exécutives (FE) :	75
XI.	Principale caractéristique des fonctions exécutives chez l'enfant :	76
	• Inhibition :	76
	• Mémoire de travail :	77
	• Flexibilité mental :	77
XII.	Les fonctions exécutives et leur rôle central dans la réussite scolaire :	77
XIII.	Tests d'évaluation des fonctions exécutives	79
	• Test permettant d'évaluer globalement les fonctions exécutives :	80

• Tests permettant de mesurer la flexibilité mentale :.....	80
• Test permettant de mesurer la capacité d’inhibition :.....	81
12.1 Test permettant de mesurer la capacité de planification :.....	81
XIV. Les fonctions exécutives et calcul:	82

Introduction

Dans ce chapitre, nous décrirons allons décrire la démarche pratique et méthodologique de notre recherche,nous aborderons : la méthode utilisée, l'étude préliminaire,La présentation du lieu de recherche, ainsi que sa durée. Par la suite nous présenterons notre population et groupes de travail, et en dernier nos outils de diagnostic et d'évaluation.

I. Méthode de recherche :

Notre démarche de travail, consiste à effectuer une comparaison statistique entre deux groupes de travail, tels qu'ils se présentent sur le terrain, un groupe de sujet présentant une dyscalculie, et un groupe présentant des difficultés d'apprentissage du calcul. Il s'agit ici, de comparer entre les deux groupes, au niveau du calcul et les fonctions exécutives (la planification, la flexibilité mentale, l'inhibition et la mémoire de travail). D'un autre côté, nous chercherons aussi à évaluer la corrélation entre le niveau du calcul et des fonctions exécutives. Notre démarche méthodologique s'inscrit dans un sens transversal, ou la méthode quasi expérimentale nous semble la plus adaptée, nous pouvons exposer notre plan de travail comme mentionné dans la figure numéro 11 :

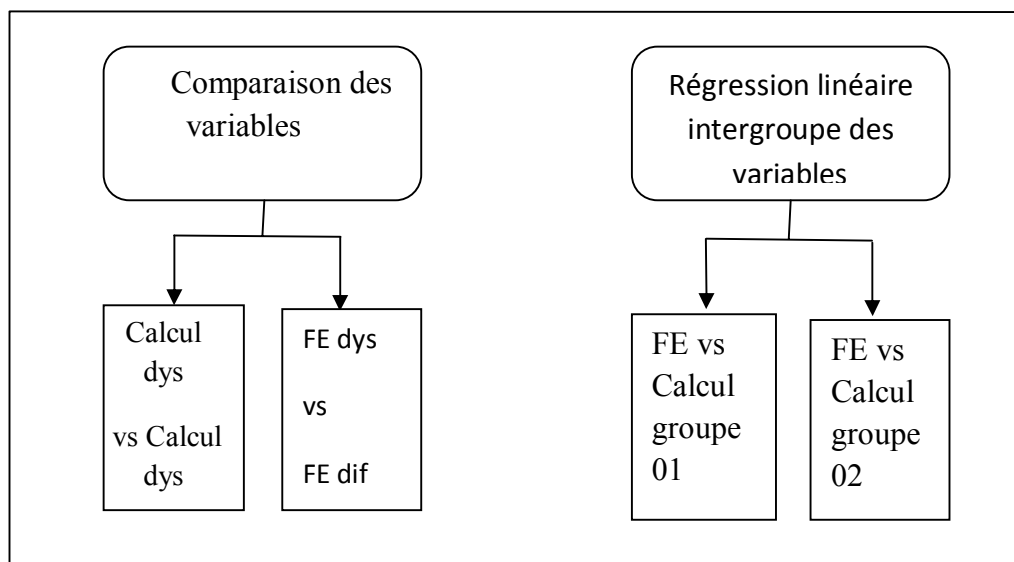


Figure N°11 : Indique le plan de travail de notre recherche

II. L'étude préliminaire :

Notre recherche consiste à évaluer les fonctions exécutives chez des élèves dyscalculiques et ceux présentant des difficultés du calcul. A cet égard, nous nous sommes déplacées au mois d'Octobre 2020 vers plusieurs écoles

primaire que nous présenterons plus bas dans le titre : lieu de pratique, ou nous avons sollicité les élèves scolarisés en 3^{ème} et 4^{ème} année primaire, et évalués en 5^{ème} année. Partant des recommandations du DSMV, qui exigent un suivi d'observation longitudinale d'une période au minimum de six mois, pour toute démarche diagnostic d'un trouble DYS, comme dans notre situation pour la dyscalculie, ou la recherche d'une persistance du trouble qui se manifeste par une constance des scores faibles en calcul chez cette catégorie, observation qui se base sur deux sources différentes selon ces critères : celle des enseignants et des parents. Cette étape nous a permis de cibler nos groupes de travail, à la lumière des critères d'exclusion et d'inclusion, comme exposé plus bas.

III. la durée de pratique :

Nous avons entamé notre démarche pratique sur le terrain, à la date du 23 février 2020, et que nous avons achevé le 8 décembre de la même année, notons ici que cette durée a été prolongée, suite à la situation sanitaire relative au COVID-19.

IV. Lieu de la pratique :

Notre pratique sur le terrain s'est déroulée dans plusieurs établissements scolaires de la wilaya de Tizi-Ouzou, comme mentionné dans le tableau numéro... plus bas.

Etablissement	Adress
Belaid Mohammed Ben Ali	Alma, communue de Beni Zmenzer, wilaya de Tizi-Ouzou.
Mezdad Ahmed	Alma, communue de Beni Zmenzer, wilaya de Tizi-Ouzou.
Mekhlouf Said	Ait Ouaneche, communue de Beni Zmenzer, wilaya de Tizi-Ouzou.
Ghanem Mohammed	Akaoudj Ait Aissa Mimoun, commune de ouaguenoune, wilaya de Tizi-Ouzou.
Pôle d'excellence	Pôle d'excellence, oued Fali, wilaya de Tizi-Ouzou
Nouvelle école Tamda	Tamda, commune Ouaguenoun, wilaya de Tizi-Ouzou

Tableau N°01 : indique le nom et l'adresse des établissements scolaires de notre étude.

V. Présentation des groupes de travail :

Notre population de départ englobe l'ensemble des élèves scolarisés en classe de cinquième année primaire, dans les établissements précités, et qui est composée

de nombre 266 élèves, soumis aux critères diagnostic du DSMV, et dont nous avons relevé les scores scolaires en calcul, durant leur 3^{ème} et 4^{ème} année primaire, que nous avons soumis à une analyse statistique, qui nous a permis d'évaluer la normalité de la distribution des scores, ainsi que des valeurs centiles qui permettent de fixer les seuils de normalité, difficultés et dyscalculie, les résultats de cette analyse et leurs graphes seront exposés dans le chapitre suivant.

Cette procédure nous a permis de sélectionner deux groupes de travail, le premier est composé de 15 enfants qui présentent des difficultés en calcul, le second groupe est composé de 15 enfants dyscalculies, comme indiqué dans le tableau.....

Le nombre de filles et garçons et la répartition de notre échantillon :

Sexe	Effectifs	Pourcentage
Filles	09	30%
Garçons	21	70%
Total	30	100%

Tableau N°02 : présentation de la répartition des filles et garçons pour les deux groupes

Partant du tableau précédent, nous pouvons extraire la répartition des élevés selon le sexe pour chaque groupe

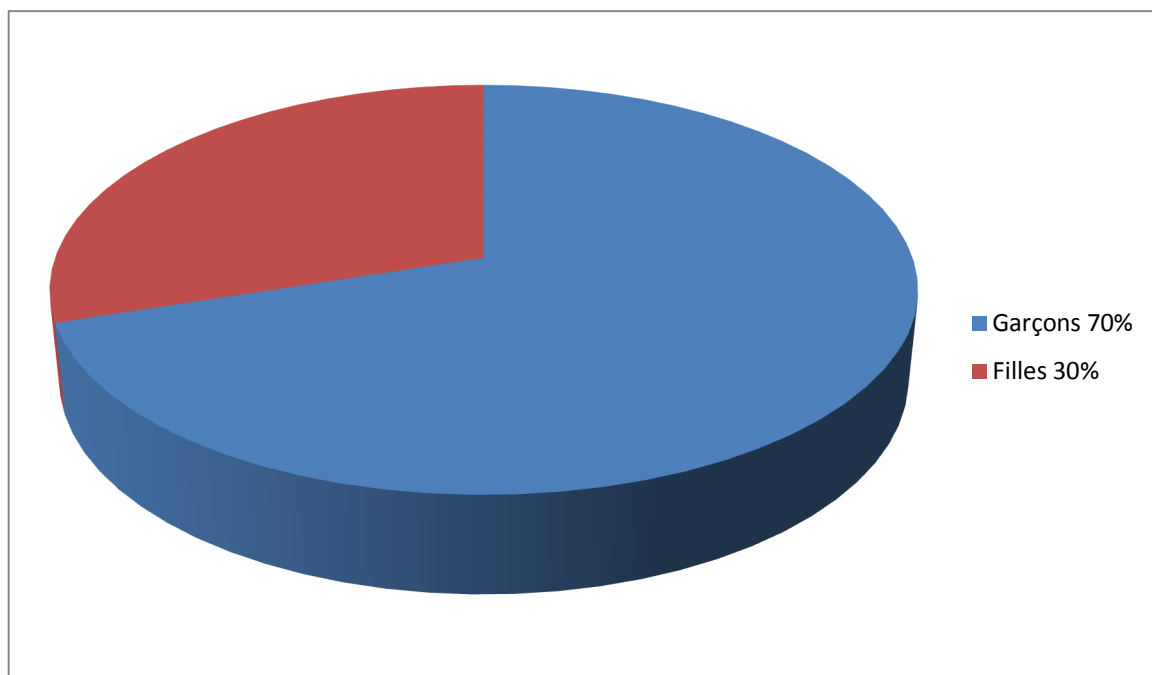


Schéma statistique de la répartition de notre population selon le sexe

Noms	Age	Sexe	Niveau
M.A	12	G	5 ^{eme}
T-A-W	10	G	5 ^{eme}
CH.N	10	F	5 ^{eme}
CH.H	11	G	5 ^{eme}
S.CH	10	F	5 ^{eme}
G.NA	10	F	5 ^{eme}
A.A	10	G	5 ^{eme}
F.L	10	G	5 ^{eme}
O.A	12	G	5 ^{eme}
M-TH	10	F	5 ^{eme}
Z.M	11	G	5 ^{eme}
B.I	12	G	5 ^{eme}
Rayan	10	G	5 ^{eme}
R	10	G	5 ^{eme}
T.Y	10	G	5 ^{eme}

Tableau N°04: présentation de la population des élèves qui apportent des difficultés d'apprentissage de calcul

Noms	Age	Sexe	Niveau
A-L	10	F	5 ^{eme}
Z-A	12	G	5 ^{eme}
S-M-A	10	G	5 ^{eme}
A-A-F	10	F	5 ^{eme}
B-CH-D	10	F	5 ^{eme}
B-A	11	G	5 ^{eme}
S-M-M	10	G	5 ^{eme}
M-B	11	G	5 ^{eme}
L-S	10	G	5 ^{eme}
S-T	11	G	5 ^{eme}
A-R	10	G	5 ^{eme}
B.I	10	G	5 ^{eme}
G.RA	10	F	5 ^{eme}
A.B	10	G	5 ^{eme}
Meriem	10	F	5 ^{eme}

Tableau N°05: Présentation De La Population Des Elèves dyscalculiques

VI. Outils De la recherche:

Nous présenterons ici, les outils utilisés pour le diagnostic des difficultés de la lecture ainsi que la dyslexie, puis ceux de l'évaluation.

- **Outil diagnostic**

- Un questionnaire :

Il s'agit d'un questionnaire composé d'un ensemble de questions formulées à partir des critères diagnostics du DSMV, présentées en Français, comme mentionné dans le tableau numéro.....

N° :	Les critères diagnostiques de DSM-V en forme de questions
01	Est-ce que l'enfant présente des symptômes persistents pendant 6 mois ?
02	Est-ce que l'enfant lit lentement et lis incorrectement et avec des difficultés ?
03	Est-ce que l'enfant présente des difficultés de compréhension de texte ?
04	Est-ce que l'enfant trouve des difficultés à maîtriser le sens des nombres ou les calculs ?
05	Est-ce que l'enfant trouve des difficultés en rédaction ?
06	Est-ce que l'enfant présente des difficultés en raisonnement mathématique ?
07	Est-ce que l'enfant a eu des notes dans l'un de ces domaines scolaires au-dessus de la moyenne des personnes du même âge ?
08	Est-ce que l'enfant a des troubles intellectuels, neurologiques, sensoriels ou moteurs, (l'acuité visuelle ou auditive, psycho-sociale) ?
09	Est-ce que l'enfant ne maîtrise pas la langue de l'enseignement ou un enseignement inadéquat ?
10	Est-ce que l'enfant utilise des tests de performance scolaires ou académiques, passés individuellement, solides sur le plan

	psychométriques et adaptés sur le plan culturel qui soient sur la norme ou le critère ?
--	---

- **Les outils d'évaluation :**

- Outil d'évaluation du calcul :

La batterie Zareki-R batterie d'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant :

Elaborer pour la première fois par le chercheur allemand VON ASTER en 2001, sous le nom de ZAREKI (Neuropsychologische Test batterie für ZAhlenarbeitung und REchnen bei Kinder), adaptée au milieu français par le chercheur français George D, en 2006, sous le nom ZAREKI-R (Batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant).

Puis adaptée pour le milieu algérien par la chercheuse Hassan L, en 2011, sous le nom ZAREKI-R-A (Batterie pour l'évaluation du traitement des : nombres et du calcul chez l'enfant - Adaptation Algérienne).

La batterie est destinée à enrichir l'environnement clinique orthophonique avec un nouvel outil de dépistage pratique, qui permet de reconnaître, identifier et détecter les troubles de l'arithmétique et le traitement numérique chez les élèves scolarisés dans les écoles primaires algériennes de la 1^{ère} à la 5^{ème} année primaire. Le but principal de cette batterie, est d'évaluer les différents composants du traitement et du calcul numériques enfants de l'école primaire, destiné aux enfants de six à onze ans.

L'objectif de cette batterie est d'évaluer les différentes composantes du traitement numérique, afin de détecter les difficultés propres à chaque enfant. Ceci au moyen de 12 items :

1. Dénombrement de points.
2. Comptage oral à rebours.
3. Dictée de nombres.
4. Calcul mental : Additions, Soustractions, Multiplications.
5. Lecture de nombres.
6. Positionnement de nombres sur une échelle.
7. Répétition de chiffres.

8. Comparaison de deux nombres présentés oralement.
9. Estimation visuelle de quantités.
10. Estimation qualitative de quantités en contexte.
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement.
12. Comparaison de deux nombres écrits.

Et parmi ces items, on a appliqués trois dont :

- Le calcul mental.
- La lecture de nombres.
- Les problèmes arithmétiques présentés oralement.

Consigne :

On demande aux élèves d'effectuer quelques opérations numériques telles que l'addition, la soustraction et la multiplication. Et de lire une liste qui contient des nombres différents. Ainsi que résoudre quelques problèmes arithmétiques présentés et répondre oralement.

Cotation :

-On note 02 points pour chaque réponse correcte, 01 point pour chaque réponse correcte dans le deuxième essai, et 0 point pour chaque réponse fausse, Hassan Lamia (2011)

Outils d'évaluation des fonctions exécutives :

A- Evaluation de la flexibilité mentale : Nous avons utilisé le test du TMT ou le TrailMaking test, mis au point en 1944 dans le cadre d'une batterie d'évaluation cognitive de l'armée américaine. Ce test se compose de deux parties, A puis B, dans la partie A, nous présentons au sujet une feuille, avec 25 cercles numérotés de 1 à 25, répartis de façon aléatoire sur la feuille, le sujet doit relier par un tracé au crayon entre ces cercles, en respectant l'ordre croissant des numéros. La partie B, est plus complexe car elle contient des cercles qui représentent des chiffres et des lettres, le sujet devra relier chaque chiffre dans l'ordre croissant, par une lettre suivant l'ordre alphabétique, le plus rapidement possible, exemple : 1A-2B-3C.....

Les résultats pour TMT A et B sont indiqués en tant que nombre de secondes nécessaires pour terminer la tâche; par conséquent, des scores plus élevés révèlent une plus grande déficience.

Le sujet ne doit pas dépasser les 90 secondes dans la partie A et les 180 secondes dans la partie (Pivert, 2013, p.2)

Consigne :

Tracer les traits sans lever le crayon du papier et réaliser la tâche le plus rapidement et avec le moins d'erreurs possibles. Un pré test de huit stimuli est réalisé avant chacune des deux parties. Le temps nécessaire à la réalisation de l'ensemble de l'épreuve est de 3 à 10 minutes.

Cotation :

Pour la partie A et B, noter le temps mis par le sujet (en seconde), le nombre d'erreurs auto corrigées et le nombre d'erreurs non corrigées.

Pour la partie B, noter aussi le nombre d'erreurs (lorsque le sujet passe d'un chiffre à un autre chiffre ou d'une lettre à une autre).

	Moyenne	Déficiência	sévère
TMTA	29s	Inf à 75s	90s
TMT B	75s	Inf à 75s	3 min

Tableau N°06 : Représente la répartition des scores obtenus selon le temps

B-Evaluation de l'inhibition : Nous avons utilisé le test du STROOP qui est le plus utilisé

Le teste de STROOP est plus utiliser dans les travaux d'évaluation d'inhibition , sa version originale a été conçue par J.R Stroop en 1935, il est constitué de trois Planches .planche (A) comprend 100 noms de couleurs écrits en noire ; on demande au sujet à ce niveau d'effectuer la lecture , pour la planche (B) les noms de couleurs sont écrites avec des couleurs différents , le sujet doit nommer la couleur d'impression du mot et non pas le mot lui-même , donc il doit inhiber la lecteur au profit de la dénomination qui est moins automatique (tâche d'interférence), pour la planche (C) qui contient 100 rectangles de différentes couleurs (bleu, rouge, vert, jaune) le sujet réalisera la tâche de la dénomination donc il doit dénommer les couleurs des 100 rectangles.

L'examineur chronomètre la vitesse de dénomination, et note les erreurs pour chaque planche séparément. (Godefroy & al, 2008, p218-220).

Consigne :

-l'élève dénomme des quarts de couleurs différentes (rouge, bleu, vert).

- L'élève lit des noms de couleurs (« rouge », « bleu », « vert ») écrits en noir.
- Le sujet va lire la couleur d'impression de noms de couleurs différents de celle avec laquelle ils sont imprimés (par exemple : rouge écrit avec une couleur verte, le patient doit dire rouge)
- Le sujet va dénomination la couleur d'impression de noms de couleurs différents de celle avec laquelle ils sont imprimés (par exemple : rouge écrit avec une couleur verte, le patient doit dire vert), sachant que le nombre d'erreurs à ce niveau indique le nombre d'interférences, plus il est élevé plus la capacité d'inhibition chez le sujet examiné est déficitaire.

Cotation :

Pour chaque subtest, noter le temps mis par le sujet (en second), le nombre d'erreurs auto corrigées et le nombre d'erreurs non corrigées.

C- Evaluation de la planification : Nous avons utilisé le test de la figure complexe de Rey:

Le test de la Figure complexe de Rey-Osterrieth a été créé par Rey (1941). La standardisation a ensuite été effectuée par Osterrieth (1944).

L'objectif général du test est de mesurer une variété de processus cognitifs tels que la planification, les habiletés d'organisation, les stratégies de résolution de problème ainsi que les fonctions perceptuelles et motrices (Waber& Holmes, 1985). Cliniquement, ce test peut être utilisé chez les individus jeunes et âgés afin d'évaluer diverses conditions telles que la démence, les effets d'un traumatisme cérébral ou le développement cognitif des enfants.

La passation se déroule en trois temps. Les deux premières étapes sont chronométrées. Cette utilisation du temps donne des indices lorsqu'il y a une problématique anxieuse, une impulsivité ou un désir de performance. La passation est en temps libre, elle est structurée en deux parties, le tout dure environ 15min.

-copie.

-Restitution de mémoire.

Consigne :

La première partie de la figure complexe de REY, consiste à recopier une figure qui n'a pas de signification évidente et qui se réalise facilement tout en ayant

une structure d'ensemble assez compliquée pour solliciter une activité perceptive, analytique et organisatrice.

La deuxième partie de la figure complexe de REY, consiste à reproduire une figure qui n'a pas de signification évidente.

Cotation :

- 2 points si l'élève arrive à bien dessiner les schémas.
- 1 ou 0,5 point si l'élève a mal placé les schémas.
- 0 point si l'élève n'a pas dessiné le schéma.

D-Evaluation de la mémoire de travail :

Nous avons utilisé le test de la mémoire de travail phonologique, réalisé par le chercheur LADJAL YACINE, c'est un test utilisé pour les personnes normales et malades pour évaluer la mémoire de travail phonologique en utilisant la capacité des personnes à apprendre des informations (oralement) grâce à la capacité de stockage.

Consigne :

On expose à des personnes concernées une chaîne des numéros et on leur demande la répétition des numéros entendus selon deux procédures :

1-directe : de la droite vers la gauche.

2-indirecte : de la gauche vers la droite.

Cotation :

On donne 1 point, si le sujet reproduit toute la série, et 0 en cas de reproduction erronée.

VII. Outils statistique utilisé :

SPSS (Statistique Package for the Social Sciences) est un logiciel utilisé pour l'analyse statistique. C'est aussi le nom de la société qui revend (SPSS 2020).

7-1 Evaluation de la normalité de la distribution par le test du Kolmogorov-Smirnov.

7-2 Evaluation des degrés centiles, qui permettent de fixer les seuils de normalité et de difficultés.

7-3 Le T test pour échantillons différents, qui permet de vérifier l'existence d'une différence significative entre deux groupes.

7-3 La régression linéaire multiple :

Qui permet d'évaluer l'impact d'un ensemble de variables indépendantes sur une variable dépendante.

Contenu

£

Introduction.....	85
I. Méthode de recherche :	85
II. L'étude préliminaire :	85
III. la durée de pratique :	86
IV. Lieu de la pratique :	86
V. Présentation des groupes de travail :	86
VI. Outils De la recherche:	88
• Outil diagnostic	89
• Les outils d'évaluation :	90
Outils d'évaluation des fonctions exécutives	91
VII. Outils statistique utilisé :	94

Introduction

Après avoir appliqué les différents outils d'évaluation, précédemment cités, nous avons obtenu un ensemble de résultats bruts, que nous avons soumis à une analyse statistique, afin de vérifier nos différentes hypothèses.

I. Présentation et analyse des résultats diagnostic :

- **Analyse de la normalité de la distribution :**

Afin de vérifier la normalité de la distribution et les scores en centiles élèves de notre population d'élèves scolarisés en cinquième année primaire au nombre de 266 , qui nous permettrons de situer nos seuils diagnostic pour les difficultés en calcul (-2 écart type ou 25 centiles) et dyscalculie (-1 écart type ou 25 centiles), nous avons procéder à une évaluation de la répartition Gaussienne des résultats précités de ces élèves en calcul dans la 3^{ème} année et la 4^{ème} année, ainsi que la moyenne des deux année successives cumulées. Ce qui nous a permis d'avoir les résultats indiqué dans les tableaux 07 et 08.

Tests de normalité						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistique	Ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
année2018	,096	266	,000	,952	266	,000
année2020	,102	266	,000	,943	266	,000
moyenne	,105	266	,000	,943	266	,000

Tableau N°07: La répartition Gaussienne des résultats des élèves

Nous remarquerons dans le tablea N° 07, que les élèves qui ont un score inférieur au 5^{ème} centile (inférieur à la moyenne 1,62 arrondie à 2) correspond approximativement à -2 α écart-type, sont classés comme très sévères et rentrent dans le cadre de dyscalculie. Et les élèves qui ont un score inférieur au 25^{ème} centile (inférieur à la moyenne 3,65 arrondie à 4) correspond approximativement à -1 α écart-type, rentre dans le cadre de difficulté, pour les deux années 2018-2020. Notre démarche consiste à sélectionner les élèves avec des moyennes comprise entre 2 et 4 pour les difficultés, et inférieures à 2 pour la dyscalculie

- **Analyse des degrés centiles :**
- Tableau des répartitions en centiles des scores des élèves année 2018-2019/2019-2020

		Centiles						
		5	10	25	50	75	90	95
Moyenne Pondérée (Définition 1)	année2018	1,6670	2,0800	3,6600	5,9550	7,8300	8,8300	9,1600
	année2020	1,5000	2,5000	3,9375	6,5000	8,5000	9,8250	10,0000
	Moyenne	1,6285	2,3860	3,6500	6,2750	8,0500	9,2000	9,3960
Valeurs charnières de Tukey	année2018			3,6600	5,9550	7,8300		
	année2020			4,0000	6,5000	8,5000		
	Moyenne			3,6600	6,2750	8,0400		

- **Tableau N°08:** Répartition des scores des élèves pour les deux années consécutives ainsi que leurs moyennes

Nous remarquons d'après ce tableau N°08, que la valeur P est inférieure à 0,05 ce qui indique que la répartition des scores ne suivent pas le plan en cloche normale (que vous pouvez voir en référence dans les annexe). En effet la courbe semble légèrement décalée vers les valeurs positifs avec le centre de la moyenne situer à 6/10 au lieu de 5/10, pour la 3^{em}, 4^{em} et moyennes de ces dernières, comme indiqué dans les différents graphes plus bas :

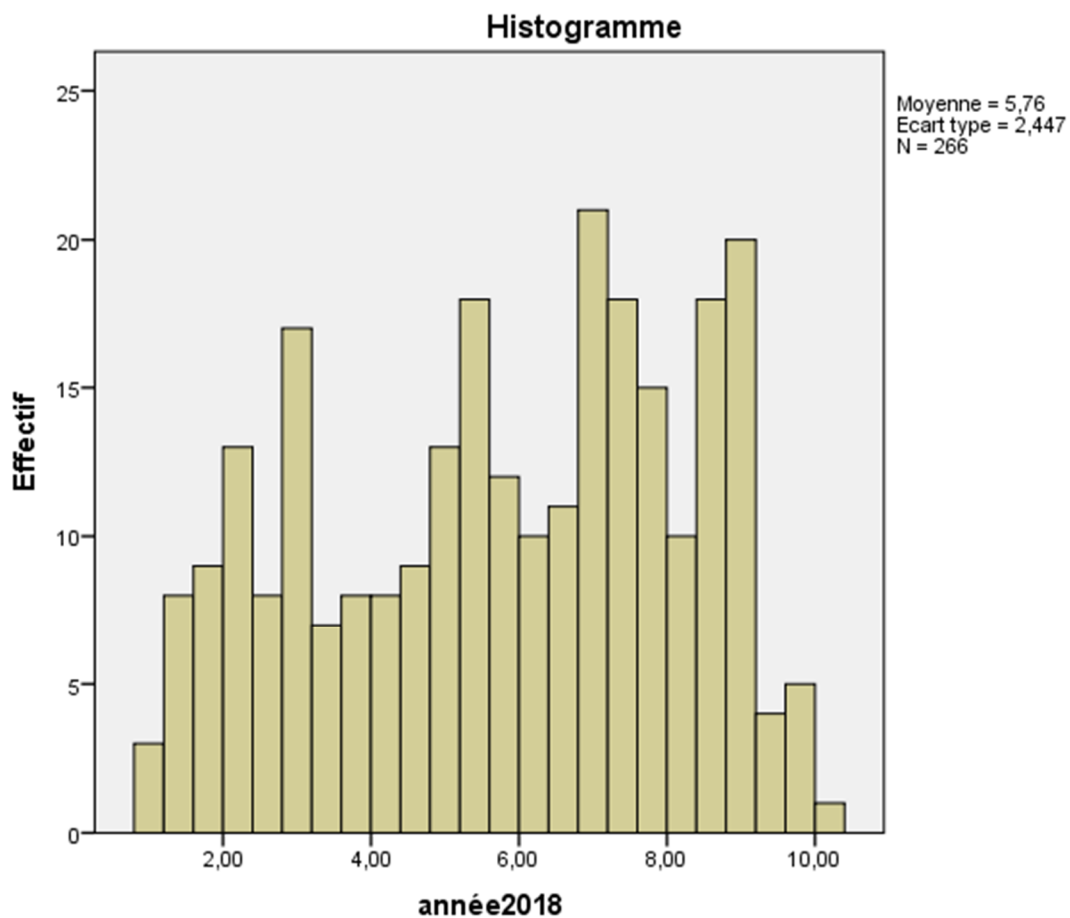


Figure N°12 : Histogramme relative au tableau N°08 de la normalité de distribution des scores de l'année 2018-2019

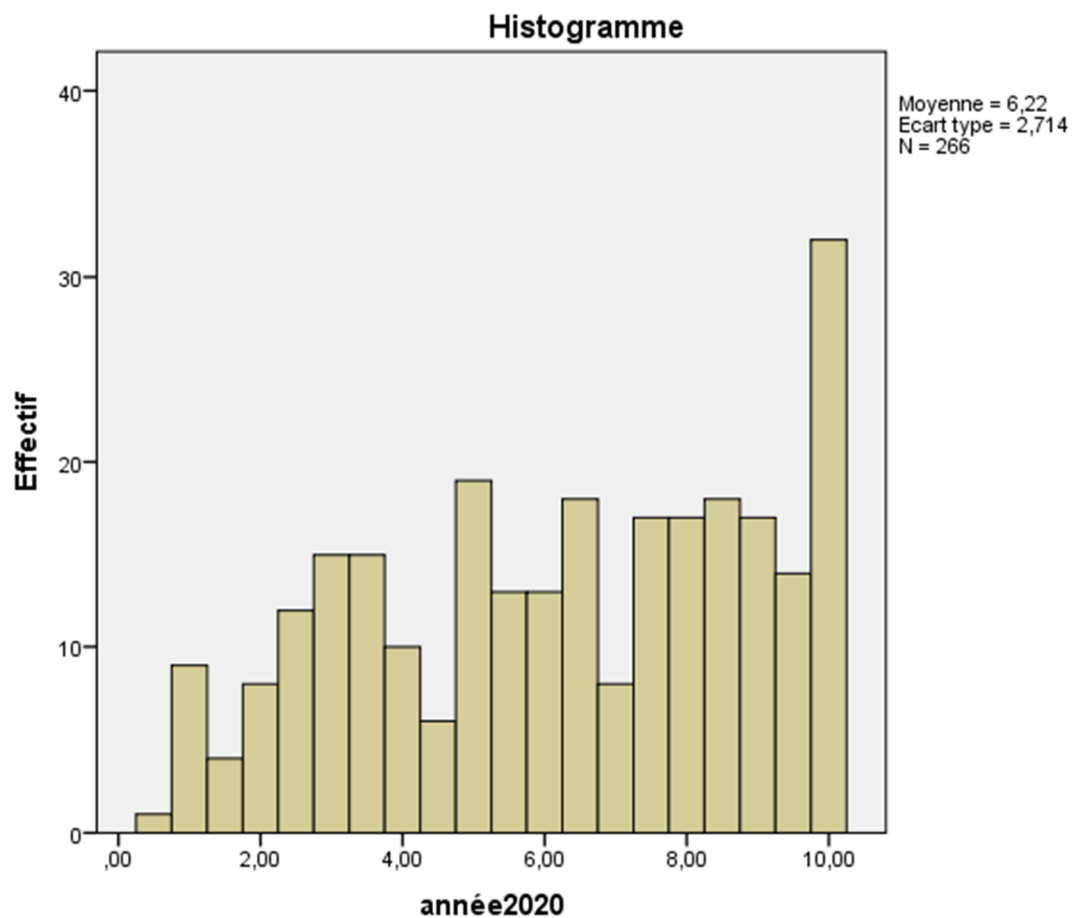


Figure N°13 : Histogramme relative au tableau N°08 de la normalité de distribution des scores de l'année 2019-2020

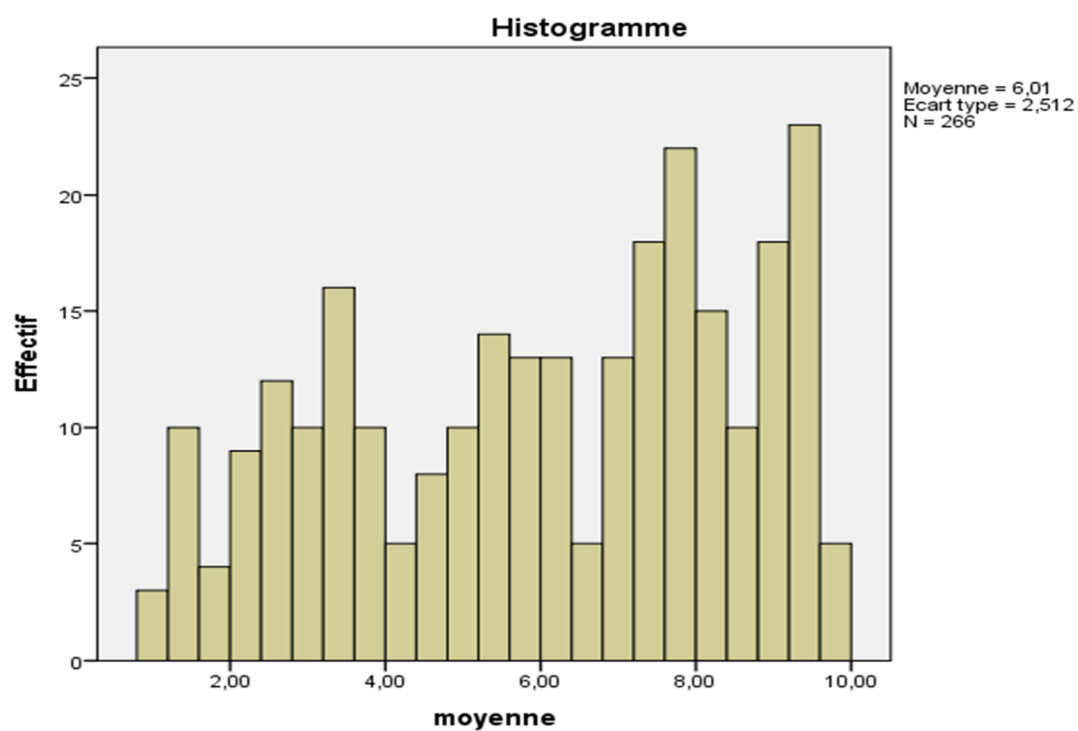


Figure N°14: Histogramme relative au tableau N°08 de la normalité de distribution des scores des deux années cumulées

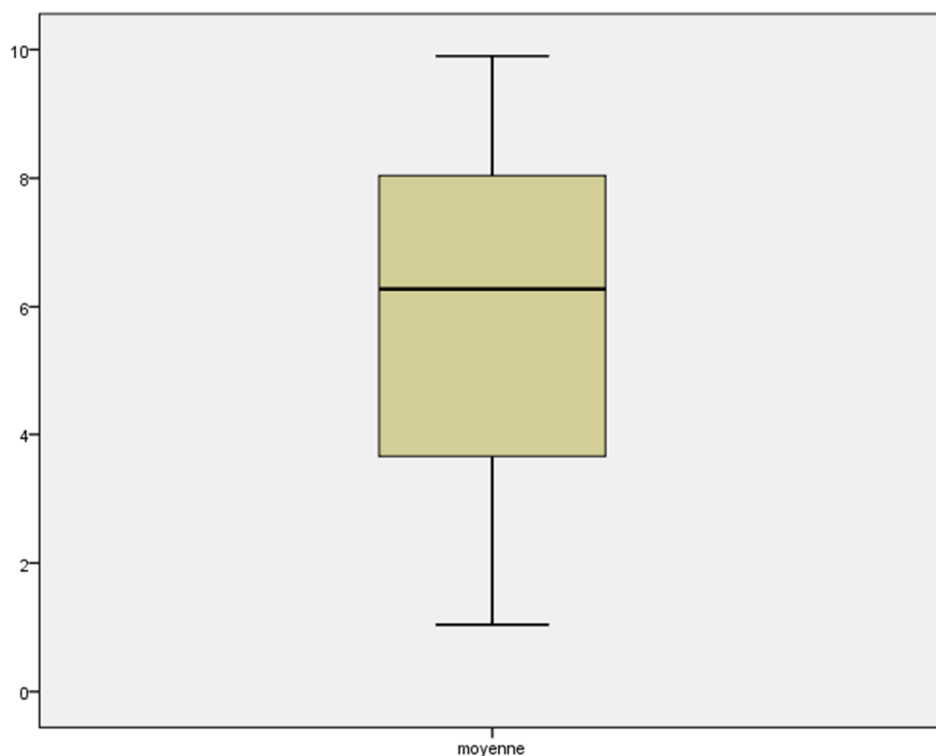


Figure N°15: Bougie relative au tableau N°08 De la normalité de distribution des scores des deux années cumulées

II. Présentation et analyse des résultats d'évaluation :

• Présentation des résultats en calcul :

Après avoir appliqué notre batterie d'évaluation Zareki-R, sur les deux groupes de travail, un groupe présentant des difficultés d'apprentissage et un groupe d'enfants dyscalculiques, nous avons obtenus les résultats bruts indiqués dans les tableaux suivants :

Noms	Item04	Item 05	Item 11	Total
A. L	32	10	8	10
Z-A	34	10	4	9,6
S.M.A	38	8	6	10,4
A-A-F	38	10	8	11,2
B-C-D	22	10	8	8
B-A	34	10	6	10
S-M-M	38	10	6	10,8
M-B	40	10	8	11,6

L-S	34	8	8	10
S-T	34	10	8	10,4
A-R	34	8	4	9,2
B.I	32	10	8	8,4
G.RA	38	10	8	11,2
Anis	32	10	6	9,6
Meriem	42	10	6	11,6

Tableau N°09 :Présentation des résultats du test ZAREKI-R des enfants présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

Noms	Item04	Item 05	Item 11	Total
M.A	28	10	6	8,8
T-A-W	38	10	8	11,2
CH.N	40	10	8	11,6
CH.H	35	10	6	10,2
S.CH	26	10	4	8
G.NA	36	10	4	10
A.A	40	10	6	11,2
F.L	28	10	4	8,4
O.A	30	10	8	9,6
M-TH	36	10	4	10
Z.M	22	10	10	8,4
B.I	32	10	8	10
Rayan	38	10	8	11,2
R	32	8	6	9,2
.Y	36	10	4	10

Tableau N°10 :Présentation des résultats du test ZAREKI-R des enfants dyscalculiques

• **Présentation des résultats des fonctions exécutives:**

Noms	Stroop	TM T A	TM T B	Figur e De Rey temps	Figur e De Rey score	Ladja l MT DRC	MT INDIRC T	Calcu l
A-L	5	180	240	480	21	3	2	10
Z-A	3	180	300	580	15	3	3	9,6
S-M-A	3	180	300	660	26	3	2	10,2
A-A-F	2	180	420	300	26	3	2	11
B-CH-D	1	240	300	260	19,5	4	3	9,6
B-A	1	240	420	360	29,5	3	3	11
S-M-M	4	180	240	360	25	3	3	10
M-B	8	240	300	300	22	3	3	10

L-S	2	180	360	360	18	3	4	12,4
S-T	3	240	300	540	23,5	2	4	11,2
A-R	4	260	320	300	17	2	2	12
B.I	2	190	330	450	27	3	3	10
G.RA	2	95	132	440	25	2	3	11,2
Anis	1	190	330	450	25	4	2	9,6
Meriem	2	210	450	360	22	3	2	11,6

Tableau N°11 :Présentation des résultats des fonctions exécutives des enfants présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

Nom s	Stroop	TMT A	TM T B	Figure De Rey temps	Figure De Rey score	Ladja l MT DRC	MT IM D	Calcul
M-A	4	420	560	600	23,5	3	1	9,6
T-A-W	9	440	560	520	18	3	3	8,4
CH. N	2	210	333	540	16	3	2	11,6
H	3	190	280	480	16	3	2	10,2
S-CH	4	540	600	540	7,5	3	2	10
G.N A	3	250	305	510	24	2	2	10
A.A	4	270	330	490	24	3	3	11,2
F.L	2	230	320	390	18	3	2	8,4
O.A	3	260	440	390	24	2	2	9,6
M-TH	4	180	540	600	17	3	2	9,6
Z.M	3	295	420	600	24	2	2	8,4
B.I	3	290	510	540	23	3	3	8,4
Rayan	4	325	460	320	19	3	3	11,2
R	3	410	560	580	18	2	2	10
T-Y	0	240	300	660	18	2	2	10

Tableau N°12 : Présentation des résultats des fonctions exécutives des enfants dyscalculiques

D'après les tableaux N°09, 10 et 12 Cités plus haut, nous observons que les résultats des fonctions exécutives et les résultats du calcul entre le groupe présent

des difficultés d'apprentissage du calcul, et un l'autre groupé dyscalculiques, sont proche.

- **Analyse statistique des différences des moyennes en calcul, groupe difficulté vs groupe dyscalculie :**
 - Comparaisons des moyennes en calcul, groupe difficulté vs groupe dyscalculie :

Statistiques de groupe					
	Groupe	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Item4	1,00	15	34,8000	4,70865	1,21577
	2,00	15	33,1333	5,40987	1,39682
Item5	1,00	15	9,6000	,82808	,21381
	2,00	15	9,8667	,51640	,13333
Item11	1,00	15	6,8000	1,47358	,38048
	2,00	15	6,2667	1,98086	,51146
Calcul	1,00	15	10,1333	1,07615	,27786
	2,00	15	9,8533	1,13255	,29242

Tableau N°13 : Les résultats de comparaison entre le groupe dyscalculique et le groupe qui présente des difficultés d'apprentissage du calcul.

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	T	Ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type	Intervalle de confiance 95% de la différence	
									Inférieure	Supérieure
item4	Hypothèse de variances égales	1,168	,289	,900	28	,376	1,66667	1,85181	-2,12660	5,45993
	Hypothèse de variances inégales			,900	27,477	,376	1,66667	1,85181	-2,12985	5,46319
item5	Hypothèse de variances égales	5,131	,031	-1,058	28	,299	-,26667	,25198	-,78282	,24948

item11	Hypothèse de variances inégales			-					
			1,058	23,458	,301	-,26667	,25198	-,78736	,25402
	Hypothèse de variances égales	1,482	,234	,837	28	,410	,53333	,63746	-,77243
Calcul	Hypothèse de variances inégales			,837	25,862	,410	,53333	,63746	-,77731
									1,84398
	Hypothèse de variances égales	,066	,799	,694	28	,493	,28000	,40338	-,54629
	Hypothèse de variances inégales			,694	27,927	,493	,28000	,40338	-,54639
									1,10639

Tableau N°14 : Indique les résultats de comparaison entre les items de la batterie Zareki-R et le calcul

D'après les résultats indiqués dans le tableau N°14, et d'après les résultats du Ttest, nous remarquons que la valeur P est supérieure à 0,05, ce qui veut dire qu'il n'existe pas de différence significative entre les enfants dyscalculiques et les enfants présentant des difficultés au niveau du calcul.

Nous pouvons rendre les résultats plus visible à travers les colonnes présentés dans la figure N°16 :

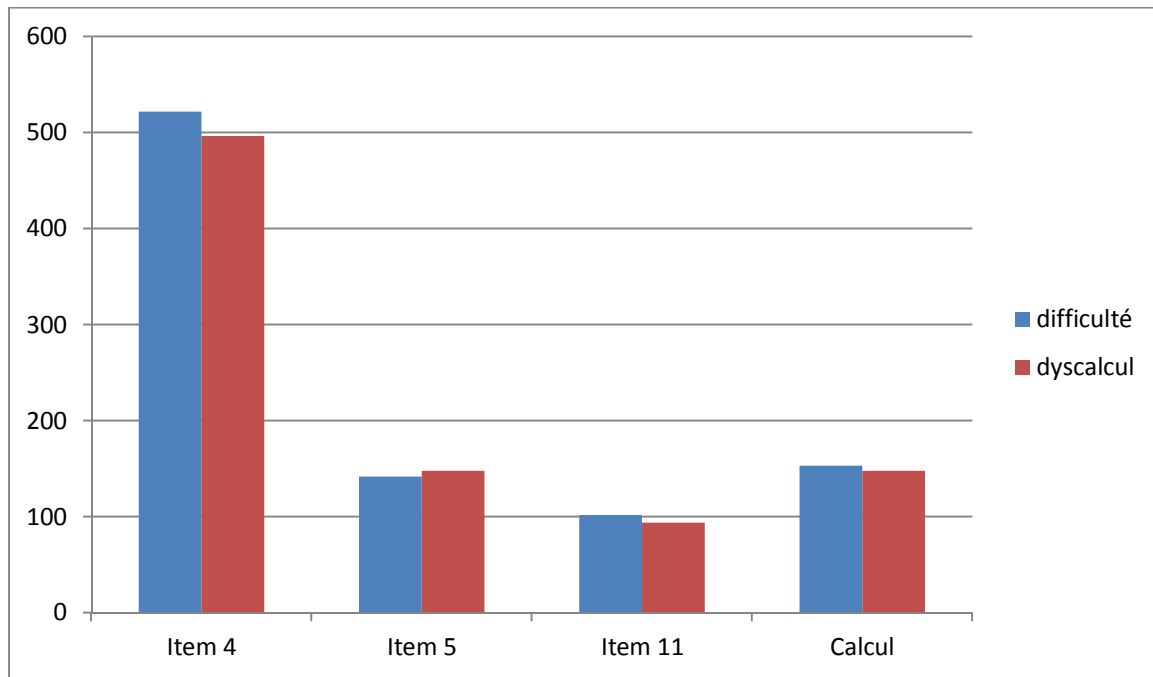


Figure N°16 : Indique les scores des items du calcul chez les enfants en difficultés d'apprentissage les enfants dyscalculiques.

- **Comparaisons des moyennes en FE, Groupe difficulté vs Groupe dyscalculie :**

Test d'échantillons indépendants

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type	Intervalle de confiance 95% de la différence	
									Inférieure	Supérieure
stroop	Hypothèse de variances égales	,129	,722	-,783	28	,440	-,53333	,68080	-1,92789	,86123
	Hypothèse de variances inégales			-,783	27,990	,440	-,53333	,68080	-1,92792	,86125
tmtA	Hypothèse de variances égales	9,205	,005	-3,603	28	,001	-104,33333	28,95755	-163,65018	-45,01648
	Hypothèse de variances inégales			-3,603	18,254	,002	-104,33333	28,95755	-165,11034	-43,55632

tmtB	Hypothèse de variances égales	5,556	,026	-3,278	28	,003	-	118,40000	36,12448	-192,39765	-44,40235
	Hypothèse de variances inégales			-3,278	24,894	,003	-	118,40000	36,12448	-192,81589	-43,98411
	Hypothèse de variances égales	1,253	,273	-2,725	28	,011	-	104,00000	38,16173	-182,17076	-25,82924
F.temp s	Hypothèse de variances inégales			-2,725	26,753	,011	-	104,00000	38,16173	-182,33530	-25,66470
	Hypothèse de variances égales	,058	,811	2,174	28	,038	3,43333	1,57928	,19832	6,66834	
	Hypothèse de variances inégales			2,174	27,614	,038	3,43333	1,57928	,19629	6,67038	
F.scor e	Hypothèse de variances égales	,331	,570	1,344	28	,190	,26667	,19841	-,13975	,67308	
	Hypothèse de variances inégales			1,344	26,989	,190	,26667	,19841	-,14044	,67377	
	Hypothèse de variances égales	1,563	,222	2,296	28	,029	,53333	,23231	,05747	1,00920	
mtIND	Hypothèse de variances inégales			2,296	26,668	,030	,53333	,23231	,05639	1,01027	
	Hypothèse de variances égales	,000	1,000	2,369	28	,025	,85333	,36028	,11533	1,59134	
	Hypothèse de variances inégales			2,369	27,520	,025	,85333	,36028	,11475	1,59192	
calcul											

Tableau N°15 :Indique les résultats de comparaison des moyennes en FE, Groupe difficulté vs Groupe dyscalculie

D'après le précédent tableau, nous remarquons qu'il existe une différence significative en faveur du groupe difficulté, au niveau de la flexibilité, planification, MDT, avec $p < 0,05$.

Par contre il n'existe pas de différence au niveau de l'inhibition.

Nous pouvons rendre les résultats plus visibles à travers les colonnes présentés dans la figure N°17 :

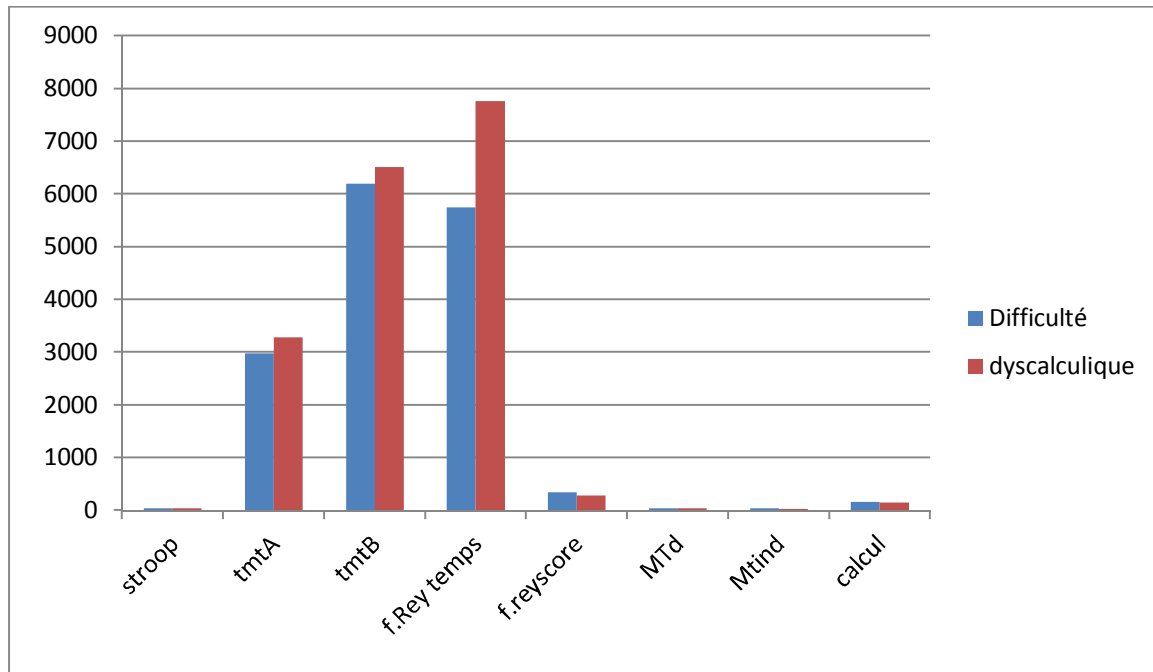


Figure N°17: Indique les scores des fonctions exécutives chez les enfants en difficultés d'apprentissage en calcul et les enfants dyscalculiques.

Nous avons vu d'après les précédents résultats qu'il est difficile d'évaluer les fonctions exécutives sur les difficultés de calcul, à cet effet nous avons opté pour une analyse de régression simple de chaque fonction exécutive par rapport aux difficultés de calcul.

III. Analyse de régression multiple : fonction exécutives vs calcul :

- **Groupe difficulté en calcul :**

L'impact des fonctions exécutives sur le calcul chez les enfants présentant une difficulté d'apprentissage du calcul :

Récapitulatif des modèles

Modèle	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
--------	---	--------	---------------	---------------------------------

1	,887 ^a	,787	,574	,59963
---	-------------------	------	------	--------

Tableau N°16 : Les valeurs R-deux du calcul avec les fonctions exécutives

D'après le précédent tableau, la valeur p est supérieure à 0,05 avec $R=0,05$, c'est-à-dire que les scores en FE, n'expliquent pas les scores en calcul chez le groupe d'enfant présentant des difficultés d'apprentissage en calcul.

ANOVA ^a					
Modèle	Somme des carrés	Ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
1 Régression	9,312	7	1,330	3,700	,053 ^b
Résidu	2,517	7	,360		
Total	11,829	14			

Tableau N°17 : Indique les valeurs ANOVA du calcul avec les fonctions exécutives

Coefficients ^a					
Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	A	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	15,569	2,137		7,287	,000
Stroop	-,103	,106	-,207	-,973	,363
Tmta	-,006	,005	-,255	-1,071	,320
Tmtb	,006	,003	,542	2,211	,063
Ftemps	-,003	,002	-,328	-1,730	,127
Fscore	-,046	,042	-,201	-1,092	,311
MdD	-1,258	,297	-,812	-4,235	,004
MdIND	,116	,244	,089	,476	,648

Tableau N°18 : Indique la valeur bêta et les valeurs significatives du calcul avec les fonctions exécutives.

D'après le précédent tableau, seul le score en mémoire de travail semble expliquée les scores en calcul chez le groupe d'enfants présentant des difficultés d'apprentissage du calcul avec $p=0,004$

- Groupe dyscalculie :**

Récapitulatif des modèles				
Modèle	R	R-deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
1	,449 ^a	,201	-,597	1,32677

Tableau N°19 : Les valeurs R-deux du calcul avec les fonctions exécutives

ANOVA^a

Modèle	Somme des carrés	Ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
1 Régression	3,107	7	,444	,252	,955 ^b
Résidu	12,322	7	1,760		
Total	15,429	14			

Tableau N°20 : Indique les valeurs ANOVA du calcul avec les fonctions exécutiveCoefficients^a

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	A	Erreur standard	Bêta		
1 (Constante)	11,265	5,180		2,175	,066
Stroop	-,138	,286	-,248	-,484	,643
TmtA	,002	,006	,156	,280	,788
TmtB	-,003	,005	-,321	-,577	,582
Ftemps	-,001	,004	-,107	-,277	,790
Fscore	-,039	,094	-,172	-,420	,687
Mtdire	,345	,924	,160	,373	,720
Mtind	,112	,758	,060	,148	,887

Tableau N°21 : Représentation des résultats de régression des fonctions exécutives sur le calcul chez les enfants dyscalculiques

D'après ce tableau, nous remarquons ici que l'ensemble des scores en FE, n'expliquent pas les scores en calcul chez le groupe enfants dyscalculiques.

IV. Discussion des hypothèses :

La précédente analyse statistique, a démontré qu'il existe bien une différence intergroupes pour la majorité des fonctions exécutives, en faveur du groupe en difficulté, en effet nous pouvons voir un temps de réponse moins important pour le TMT A puis B, un rappel plus important pour la MDT, ainsi que pour la planification, par contre il n'existe pas de différence significative pour les interférences, d'un autre côté nous ne relevons aucune différence significative pour le test du calcul, que ce soit pour les items mais aussi pour le score global ;

L'analyse de régression effectuée pour les deux groupes ne démontre aucun impact significatif des FE sur le calcul, excepté pour la MDT directe ; différents auteurs soulignent l'impact de la MDT, sur l'apprentissage du calcul, en effet l'étude de :

L'étude de Geary (1994), dit que ces capacités limitées de mémoire de travail et, plus spécifiquement du composant administrateur central, pourraient contribuer à l'apparition des difficultés rencontrées par les enfants dyscalculiques dans la résolution des opérations arithmétiques.

Selon **Kosc (1974)**, et ces collègues, il apparaît que les enfants dyscalculiques présentent des difficultés à tous ces niveaux ; leurs capacités de mémoire de travail sont faibles, ils utilisent des stratégies de résolution des calculs immatures et leur comptage est moins efficient.

Selon **Lepage (2017)**, les fonctions exécutives jouent un rôle fondamental dans la réussite scolaire

Cragg (2014). Les FE soutiennent les processus nécessaires aux apprentissages dans différentes matières scolaires. En mathématiques, par exemple, les FE facilitent l'arithmétique simple : La mémoire de travail est, pour sa part, nécessaire pour garder en tête les réponses intermédiaires en cours d'opérations complexes ainsi que les procédures requises pour compléter les opérations. De son côté, la flexibilité est importante pour permettre d'alterner entre les différentes procédures (p. ex., addition et soustraction) nécessaires pour résoudre des problèmes complexes. En résolution de problèmes, les FE rendent possibles la planification des étapes, le stockage et la manipulation d'informations ainsi que l'autocorrection en cas d'erreur

Contrairement à notre prédiction, les fonctions exécutives ne semblent pas affectées le niveau en calcul ou expliquer le degré de difficultés constaté chez nos groupes de travail, ceci va à l'encontre de plusieurs études qui mettent l'accent sur le rôle des FE, dans l'apprentissage du calcul, nous pouvons citer à titre d'exemple l'étude de :

Soltész (2005), dit que les enfants présentant une dyscalculie développementale (DD) mais aucune autre déficience ont été examinés avec des tests neuropsychologiques et avec des potentiels cérébraux liés à l'événement

A la lumière de ces résultats nous pouvons affirmer notre première hypothèse principale ainsi que trois de ses hypothèses secondaires :

- Il existe une différence significative au niveau des fonctions exécutives entre les élèves dyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul en faveur de ces derniers.

- Il existe une différence significative au niveau de la planification entre les élèvesdyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul en faveur de ces derniers.
- Il existe une différence significative au niveau de la flexibilité entre les élèvesdyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul en faveur de ces derniers.
- Il existe une différence significative au niveau de la mémoire de travail entre les élèvesdyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul en faveur de ces derniers.

D'un autre côté nous pouvons refuser les hypothèses suivantes :

- Il existe une différence significative au niveau de l'inhibition entre les élèvesdyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul en faveur de ces derniers.
- Il existe une corrélation entre le déficit exécutif et le niveau du calcul chez les enfants dyscalculiques et ceux présentant des difficultés d'apprentissage du calcul.

Contenu

Introduction.....	98
I. Présentation et analyse des résultats diagnostic :.....	98
• Analyse de la normalité de la distribution :.....	98
• Analyse des degrés centiles :	99
II. Présentation et analyse des résultats d'évaluation :	102
• Présentation des résultats en calcul :.....	102
• Présentation des résultats des fonctions exécutives:	103
• Analyse statistique des différences des moyennes en calcul, groupe difficulté vs groupe dyscalculie :	105
• Comparaisons des moyennes en FE, Groupe difficulté vs Groupe dyscalculie :.....	107
III. Analyse de régression multiple : fonction exécutives vs calcul :	109
• Groupe difficulté en calcul :	109
• Groupe dyscalculie :	110
IV. Discussion des hypothèses :	111

La conclusion :

Différentes études antérieures mettent l'accent sur la spécificité des difficultés d'apprentissage du calcul chez les sujets dyscalculiques et ceux en difficultés, qui se caractérisent par la nature de leur persistance mais aussi sévérité (difficulté vs dyscalculie), par ailleurs d'autres auteurs soulignent le déficit exécutif comme variable explicative chez ces catégories, dans ce sens nous avons essayé par la présente étude de mettre en lumière à la fois ces différences et corrélations ; l'analyse statistique a démontré qu'il existe des différences statistiques entre nos deux groupes de travail au niveau des fonctions exécutives excepté l'inhibition en faveur du groupe en difficultés, ainsi que l'absence de toute corrélation entre les FE et les scores en calcul, sauf la mémoire de travail directe, ou nous avons constaté une corrélation mais aussi des différences intergroupes. Les présents résultats nous conduisent à revoir notre outil diagnostic, qui ne présente pas une distribution normale en cloche avec des scores décalés vers les valeurs positives (moyenne de 6 sur 10), ce qui pourraient expliquer un manque de capacité discriminative entre les deux catégories, dans ce sens nous proposons que cette thématique soit reprise, avec des outils diagnostic qui respecteraient les normes d'étalonnage statistique et un échantillonnage plus large.

1-American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic And Statistical Manual Of Mental Disorders Fifth Edition London, England. DSM-5

2-Bouaud, G. (2010). Dyscalculie, habiletés Arithmétiques et inhibition. Mémoire en vue de l'obtention certificat de capacité d'orthophonie. Université de Poitiers faculté médecine et de pharmacie, école d'orthophonie.

3-Blaye,A. & Lemaire,P. (2007). Psychologie du développement cognitif de l'enfant. 1^{re} Edition De boeck Université. Paris.

4- Barray,V. (2013). Prise En Charge Des Difficultés Mathématiques Des Enfants

Porteurs De Troubles Spécifiques Des Apprentissages En Ergothérapie.

De Boeck Supérieur « Développements » N° 16-17 | pages 13 à 35

<https://www.cairn.info/revue-developpements-2013-3-page-13.htm>

5-Bordes, v. (2011). Les troubles cognitifs du patient Parkinsonien : évaluation à partir d'une batterie de tests. Certificat de capacité en Orthophonie. Université de Nice Sophia-Antipolis.

6-Bargues,S. (2013). Etude de répercussion d'un entraînement des fonctions exécutives sur les mécanismes de la lecture chez des enfants dyslexiques de cm. Certificat de capacité d'Orthophonie université de Bordeaux Victor Segalen.

<https://dumas.ccsd.enrs.fr/dumas-00873341>.

7-Bartolami, S. « neurobiologie du langage », université Montpellier II, 2014. mathematics ability: inhibition, switching and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3). 273-293.

8- Barrouillet et Billard,C. Agostini,M. Démonet,J-F.Fayol,M. Gombert,je. Habib,M. Lenormond,M-T. Ramus,F. Sprenger-Charolles,L. et al. (2007). Dyslexie, Dysorthographie, Dyscalculie : Bilan des données scientifiques. Édition INSEREM. Paris

9-Chevere-Muller,C & Narbona,J. (2007). Le langage de l'enfant Aspects normaux et pathologiques. 3^{em} edition, Masson II

10-CIM-10. Classification Statistique Internationale des Maladies et des Problèmes de Santé Connexes. (1993) .dixième révision. Organisation Mondiale de la Santé.

11-Camille, S. (2014). Evaluation Logicomathématique A Travers Le Logiciel MATHEVAL. Mémoire Présenté Pour L'obtention Du Certificat De Capacité D'orthophoniste. Université De Nice Sophia Antipolis - Faculté De Médecine-Ecole D'orthophonie.

12-Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : concepts et développement. Canadien Psychologie. (149-163).

Doi.org/10.1037/a0020031.

13-Collette,f & Salamon, E (2014). Les modifications du fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal. Psychologie française

14-Chevalier N., Achim A., Poissant H. et al. (2003), Education au contrôle del'attention auprès d'élèves présentant un trouble déficitaire de l'attention / hyperactivité, dans : Enjeux psychosociaux de la santé, Presses de l'Université du Québec, 163-180.

15-Collette F. (2004), Exploration des fonctions exécutives par imagerie cérébrale, dans : Neuropsychologie des fonctions exécutives, Solal, 25-51.

16-Dyslexia.uk.net./specific-learning-difficulties/dyscalculia/the-signs-of-dyscalculia/ 25/10/2020. L'Association Dyslexie.

17-Durand,S. (2010). Influence du vieillissement cérébral normal sur la vulnérabilité suicidaire des personnes âgées : étude des fonctions exécutives. Garde de docteur en médecine. Université Henri poincaré, Nancy1, France.
<https://hal.unv-lorraine.fr/hal-01733091>.

18-Durand, V.M., Barlow, D.H. (2004). Psychologie. Une perspective multidimensionnelle, Bruxelles, De Boeck.

19-Diamond A. (1990), The development and neural bases of higher cognitive functions, The New York Academy of Science.

20-Diamond, A. (2014). Understanding executive functions: What helps or hinders them and language development mutually support one another. Perspectives on Language and Literacy, 40(2), 7-11.

21-El-rafiqi et all, (2017). Les fonctions exécutiveschez l'enfant : développement influence culturelle et perspective cliniques. Revue de neuropsychologie. Vol 9. Doi.org/10.3917/rne.091.0027.

22- Fareng, M. & Fareng, R. (1966). Comment faire l'apprentissage du calcul avec les enfants de 5 à 7 ans ? Manuel de pédagogie pratique pour les écoles maternelles, les classes enfantines, les jardins d'enfants et les cours préparatoires.

23-Grisard, S, (2012). Etas des lieux des aménagements pédagogiques et l'examen pour les jeunes dyscalculiques. Mémoire de master, Université Lille 2, faculté du médecine. Directrice de l'Institut d'Orthophonie de Lille.

24-Gil,R. (2003). Neuropsychologie. 3^{ém} édition Masson paris.

25-Godefroy & Grefex, (2013). Fonctions exécutives et pathologies neurologiques et psychiatriques.deboeck et solal, Belgique.

26-Geary, D.C. (1994) *Children's Mathematical Development*. Washington, D.C., American Psychological Association.

27-Guillery-Girard B., Quinette P., Piolino P.et al. (2008), Mémoire et fonctions exécutives, dans : Traité de neuropsychologie clinique, De Boeck, 307-365.

28- Hassan Lamia.(2011)

29- Hitesh, Bhasin.(2019).TaggedWith management articles.whatis the importance of learning « In any stage of life ».

30-Habib,M. & Noel, M,-P. George-Pracchia, F. Brun,V. (2011). Calcul et dyscalculies Des modèles à la rééducation. Elsevier Masson SAS.Marseille.

31-Hongwanishkul, D. Happaney, K.R, (2005). Assessment of hot and cool executive function in young children : age-related changes and individual differences . Developmental Neuropsychologie.

32-Hemptinne,D. 2017. Aider son enfant à compter et calculer 50 fiches contre la dyscalculie. Edition De Boeck. Paris.

33-Kosc, L. (1974), Developmental dyscalculia , *Journal of learning disabilities* 7, 165-177. Cite par Noel (2000).

34-Lussier,F & Flessas,J. (2016). Neuropsychologie de l'enfant : troubles developpementaux et de l'apprentissage. 2^e édition DUNOD France.

35-Lasserre,J-P.(2006). Les dys. Édition Ortho, France.

36-Lahmer, M. (2018). Dépistage de la dyscalculie développementale en Algérie : validation de la batterie Zareki-R pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant. Thèse pour obtenir le grade de docteur en psychologie Option Psychopathologie du développement Faculté des Sciences Sociales et Humaines Département de psychologie.

37-Louis,J-M. & Romond,F. (2013). Comprendre et accompagner les enfants en difficulté scolaire. Duphi-print. France.

38-Magnard, J. (2017). Inhibition cognitive et fonction sensoriomotric. Grade de Docteur en Psychologie. Université de Nantes. <https://mip.unv.justine.fr>.

39-Monsell, S. (2003). Task switching. Trends in Cognatives Sciences Elsevier Science. Dio.org /10.1016/S1364-6613(03)00028-7.

40-Molko,N. et Wilson, A. et S. Dehaene. (2005) La dyscalculie développementale, un trouble primaire de la perception des nombres, unité Inserm de neuro-imagerie cognitive, IFR 49, service hospitalier Frédéric-Joliot, Orsay.

41-Mazeau,M. (2011). Neuropsychologie et troubles des apprentissages de symptôme à la rééducation, Masson Paris.

42-Mazeau, M. (2005) neuropsychologie et troubles des apprentissages : du symptôme à la rééducation, Masson. Paris.

43-Mazeau,M. (2013). Conduite du bilan neuropsychologique chez l'enfant. 2^e édition. Masson. Pologne.

44-Mazeau, M et al. (2013). Fonctions cognitives, chez l'enfant. INSERM. Paris.

45-Manning,L. (2016). La Neuropsychologie Clinique : Approche cognitive. Jouve rue du docteur Sauvé. France

46-Mazeau,M & Pouhet,A. (2014). Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant : Du développement typique aux « dys ». 2^{eme} Edition Elsevier Masson SAS.Issy-les-Moulineaux cedex.

47-Nadège,L. (2015). Les troubles cognitifs, comportementaux et psycho-affectifs après un AVC. Journée mondiale de l'AVC.

.48 -Passolunghi, M.C& Siegel,L.(2001)Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving journal of experimental child psychology.

49-Pouhet,A. & Pouhet, M-C. (2017). Difficultés scolaires ou troubles DYS ? : Comprendre & aider. Edition Joelle Gardette. France.

50-Pansu, F. (2014). Le calcul mental au cycle 3. Grenoble. France.

51-Poncelet,M. & Steve Majeurs Martial Vander Linden. (2012).Traité de Neuropsychologie de l'enfant.2^e tirage, Belgique.

52-Perreault, J. (2010). Difficultés D'apprentissage En Mathématiques Chez Les Élèves Du Cheminement Particulier Continu (Cpc) : Variables Cognitives. Mémoire pour L'obtention Du Grade De Docteur En Psychologie (D.Psy.). Ecole De Psychologie Faculté Des Sciences Sociales Université Laval Québec.

53-Roux,M-O. (2009). A propos de la dyscalculie spatiale : Une contribution clinique presse universitaire de France « la psychiatrie de l'enfant » article disponible en ligne page 495-516 vol. 52.

<https://www.cairn.info/revue-la-psychiatrie-de-l-enfant-2009-2-page-495.htm>

54-Roy,A . Guillery-Girard,B. Aubin,Gh. Mayor, C. (2017). Neuropsychologie de l'enfant: Approche cliniques, modélisations théoriques et méthodes. De Boeck Supérieur. Paris.

55-Radford, L. & André, M. (2008). Cerveau, cognition et mathématiques. Rapport 2 de recherche soumis au Ministère de l'éducation de l'Ontario. Le Passage à l'abstrait dans l'apprentissage des mathématiques. Sudbury: Université Laurentienne.

<https://www.researchgate.net/publication/319089770>

56-Revel, (2011). Essai de rééducation psychomotrice du déficit d'inhibition par le biais d'activités corporelles et motrices. Diplôme d'Etat de Psychomotricité. Université Paul Sabatier. Toulouse, France.

57-Ravel, O. (2011), « essai de rééducation psychomotrice du déficit d'inhibition par le biais d'actives corporelle et motrice », mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'état de psychomotrice, université Paul sabatier-toulouseIII,

58-Roy A., Gillet P., Lenoir P., et al. (2005), Les fonctions exécutives chez l'enfant : évaluation, dans : Neuropsychologie de l'enfant et troubles du développement, Solal, 149-183.

- 59-Roy,A, (2005). Fonctions exécutives chez les enfants atteints d'une neurofibromatose de type 1, approche clinique et critique. Université de Rangers.
- 60-Reyes S, Godin O, Dufouil C, Benisty S, Hernandez K et al. Apathy. A major symptom in CADASIL.Neurology 2009;72:905–10.
- 61-Temple,CM. (1992). Developmental dyscalculia. In : Hand book of neuropsychology. RAPINI, SEGALOWITZ SG, SIDNEY.J (eds). Vol 7, New York,NY. Elsevier.
- 62-Thibaut,J. (2016). Impacts des troubles logico-mathématiques sur la qualité de vie des adultes dyscalculiques. Université de Nice Sophia Antipolis, faculté de médecine-école d'orthophonie.
- 63- Tourette, C. (2011).Evaluer les enfants avec déficiences ou troubles du développement, toutes outils d'évaluation : Tests et épreuves, 2^{ème} édition, France.
- 64-Thron et al, (2015), l'évaluation cognitive : les fonctions cognitives l'autonomie fonctionnelle, institut universitaire de gériatrie de Montréal. P3 P3
- 65-Van Hout,A & Meljac,C. Fischer,J-P. Fischer,J-P.(2005)Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant, 2^e édition. Masson Belgique.
- 66-Van Nieuwenhoven,C. & De Vriendt,S.(2010). L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques : Pistes de diagnostic et supports d'intervention. Edition solal . Marseille.
- 67-Zelazo P.D., Muller U., Frye D., Marcovitch S. (2003), The development of executive function in early childhood, éd. Willis F. Overton, Monographs of the society for research in child development, serial n° 274, vol. 68, n°3.

68-Zelazo, P. D. Carlson, S. M., et Kesek, A. (2008). The development of executive function in childhood. Dans C. A. Nelson et M. Luciana (dir.), *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (2e éd., p. 553-574). Cambridge (MA) : The MIT Press.

```

EXAMINE VARIABLES=année2018 année2020 moyenne
/PLOT BOXPLOT HISTOGRAM NPLOT
/COMPARE GROUPS
/PERCENTILES(5,10,25,50,75,90,95) HAVERAGE
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.

```

Explorer

Remarques		
Résultat obtenu		03-DEC-2020 17:04:57
Commentaires		
Entrée	Ensemble de données actif	Ensemble_de_données0
	Filtrer	<aucune>
	Poids	<aucune>
	Scinder fichier	<aucune>
	N de lignes dans le fichier de travail	266
Traitement des valeurs manquantes	Définition des manquantes	Les valeurs manquantes définies par l'utilisateur pour les variables dépendantes sont traitées comme manquantes.
		Les statistiques sont basées sur des observations sans valeurs manquantes pour aucune des variables ni aucun des facteurs pris en compte.
	Observations prises en compte	

Syntaxe	EXAMINE VARIABLES=année2018 année2020 moyenne /PLOT BOXPLOT HISTOGRAM NPLOT /COMPARE GROUPS /PERCENTILES(5,10,25,50, 75,90,95) HAVERAGE /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.	
	Temps de processeur	00:00:02,23
Ressources	Temps écoulé	00:00:02,27

[Ensemble_de_données0]

Descriptives				
			Statistique	Erreur standard
année2018	Moyenne		5,7647	,15006
	Intervalle de confiance à	Borne inférieure	5,4692	
	95% pour la moyenne	Borne supérieure	6,0602	
	Moyenne tronquée à 5%		5,8004	
	Médiane		5,9550	
	Variance		5,989	
	Ecart-type		2,44733	
	Minimum		1,08	
	Maximum		10,00	
	Intervalle		8,92	
	Intervalle interquartile		4,17	
	Asymétrie		-,247	,149
	Aplatissement		-1,119	,298
année2020	Moyenne		6,2237	,16639
	Intervalle de confiance à	Borne inférieure	5,8961	

moyenne	95% pour la moyenne	Borne supérieure	6,5513	
	Moyenne tronquée à 5%		6,2993	
	Médiane		6,5000	
	Variance		7,364	
	Ecart-type		2,71374	
	Minimum		,50	
	Maximum		10,00	
	Intervalle		9,50	
	Intervalle interquartile		4,56	
	Asymétrie		-,261	,149
	Aplatissement		-1,111	,298
	Moyenne		6,0098	,15404
	Intervalle de confiance à	Borne inférieure	5,7065	
	95% pour la moyenne	Borne supérieure	6,3131	
	Moyenne tronquée à 5%		6,0703	
	Médiane		6,2750	
	Variance		6,312	
	Ecart-type		2,51232	
	Minimum		1,04	
	Maximum		9,90	

Descriptives

		Statistique	Erreur standard
moyenne	Intervalle	8,86	
	Intervalle interquartile	4,40	
	Asymétrie	-,299	,149
	Aplatissement	-1,128	,298

Centiles

		Centiles	
		90	95
Moyenne pondérée (Définition 1)	année2018	8,8300	9,1600
	année2020	9,8250	10,0000
	moyenne	9,2000	9,3960
Valeurs charnières de Tukey	année2018		
	année2020		
	moyenne		


```

T-TEST GROUPS=GROUPE(1 2)
/MISSING=ANALYSIS
/VARIABLES=item1 item2 item3 item4 item5 total
/CRITERIA=CI(.95).

```

Test-t

Remarques		
Résultat obtenu		13-DEC-2020 13:15:30
Commentaires		
Entrée	Ensemble de données actif	Ensemble_de_données0
	Filtrer	<aucune>
	Poids	<aucune>
	Scinder fichier	<aucune>
	N de lignes dans le fichier de travail	30
	Définition de manquante	Les valeurs manquantes définies par l'utilisateur sont traitées comme manquantes.
Traitement des valeurs manquantes		Les statistiques de chaque analyse sont basées sur les observations ne comportant aucune donnée manquante ou hors intervalle pour aucune variable de l'analyse.
	Observations prises en compte	T-TEST
Syntaxe		GROUPS=GROUPE(1 2)
		/MISSING=ANALYSIS
		/VARIABLES=item1 item2 item3 item4 item5 total
		/CRITERIA=CI(.95).

Ressources	Temps de processeur	00:00:00,02
	Temps écoulé	00:00:00,09

[Ensemble_de_données0]

Test d'échantillons indépendants

		Test-t pour égalité des moyennes
		Intervalle de confiance 95% de la différence
		Supérieure
item1	Hypothèse de variances égales	2,60863
	Hypothèse de variances inégales	2,61093
item2	Hypothèse de variances égales	2,22358
	Hypothèse de variances inégales	2,22360
item3	Hypothèse de variances égales	1,03271
	Hypothèse de variances inégales	1,04915
item4	Hypothèse de variances égales	,24948
	Hypothèse de variances inégales	,25402
item5	Hypothèse de variances égales	1,91400
	Hypothèse de variances inégales	1,92356
total	Hypothèse de variances égales	,90028
	Hypothèse de variances inégales	,90037

```

NEW FILE.
DATASET NAME Ensemble_de_données1 WINDOW=FRONT.
REGRESSION
  /MISSING LISTWISE
  /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
  /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
  /NOORIGIN
  /DEPENDENT calcul
  /METHOD=ENTER stroop tmta tmtb reytem reyscor mtd mt.

```

Régression

Remarques

Résultat obtenu		13-DEC-2020 13:24:07
Commentaires		
Entrée	Ensemble de données actif	Ensemble_de_données1
	Filtrer	<aucune>
	Poids	<aucune>
	Scinder fichier	<aucune>
	N de lignes dans le fichier de travail	15
Gestion des valeurs manquantes	Définition des valeurs manquantes	Les valeurs manquantes définies par l'utilisateur sont traitées comme manquantes.
	Observations prises en compte	Les statistiques sont basées sur des observations ne contenant aucune valeur manquante pour toute variable utilisée.
		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT calcul /METHOD=ENTER stroop tmta tmtb reytem reyscor mtd mt.
Syntaxe	Temps de processeur	00:00:00,06
	Temps écoulé	00:00:00,06
	Mémoire requise	3516 octets
	Mémoire supplémentaire requise pour les diagrammes résiduels	0 octets
Ressources		

[Ensemble_de_données1]

Variables introduites/supprimées^a

Modèle	Variables introduites	Variables supprimées	Méthode
1	mt, reytem, stroop, reyscor, mtd, tmta, tmtb ^b	.	Entrée

a. Variable dépendante : calcul

b. Toutes variables requises saisies.

Coefficients^a

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
	A	Erreur standard	Bêta		
1	(Constante)	15,569	2,137	7,287	,000
	stroop	-,103	,106	-,207	,363
	tmta	-,006	,005	-,255	,320
	tmtb	,006	,003	,542	,063
	reytem	-,003	,002	-,328	,127
	reyscor	-,046	,042	-,201	,311
	mtd	-1,258	,297	-,812	,004
	mt	,116	,244	,089	,648

a. Variable dépendante : calcul

```

CORRELATIONS
/VARIABLES=Groupe Item4 Item5 Item11 Calcul
/PRINT=TWOTAIL NOSIG
/MISSING=PAIRWISE.

```

Corrélations

Remarques		
Résultat obtenu		15-DEC-2020 14:33:44
Commentaires		
Entrée	Ensemble de données actif	Ensemble_de_données1
	Filtrer	<aucune>
	Poids	<aucune>
	Scinder fichier	<aucune>
	N de lignes dans le fichier de travail	30
Traitement valeurs manquantes	Définition de manquante	Les valeurs manquantes définies par l'utilisateur sont traitées comme manquantes.
		Les statistiques pour chaque paire de variables sont basées sur toutes les observations comportant des données valides pour cette paire.
	Observations utilisées	
Syntaxe		CORRELATIONS /VARIABLES=Groupe Item4 Item5 Item11 Calcul /PRINT=TWOTAIL NOSIG /MISSING=PAIRWISE.
Ressources	Temps de processeur	00:00:00,14
	Temps écoulé	00:00:00,16

[Ensemble_de_données1]

```

REGRESSION
/MISSING LISTWISE
/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
/NOORIGIN
/DEPENDENT calcul
/METHOD=ENTER groupe stroop tmta tmtb Ftemps Fscore mdD mdIND.

```

Régression

Remarques		
Résultat obtenu		16-DEC-2020 12:22:28
Commentaires		
Entrée	Ensemble de données actif	Ensemble_de_données0
	Filtrer	<aucune>
	Poids	<aucune>
	Scinder fichier	<aucune>
	N de lignes dans le fichier de travail	15
Gestion des valeurs manquantes	Définition des valeurs manquantes	Les valeurs manquantes définies par l'utilisateur sont traitées comme manquantes.
		Les statistiques sont basées sur des observations ne contenant aucune valeur manquante pour toute variable utilisée.
	Observations prises en compte	REGRESSION
Syntaxe		/MISSING LISTWISE
		/STATISTICS COEFF
		OUTS R ANOVA
		/CRITERIA=PIN(.05)
		POUT(.10)
		/NOORIGIN
		/DEPENDENT calcul
		/METHOD=ENTER groupe stroop tmta tmtb Ftemps Fscore mdD mdIND.

Ressources	Temps de processeur	00:00:00,05
	Temps écoulé	00:00:00,11
	Mémoire requise	3988 octets
	Mémoire supplémentaire	
	requise pour les diagrammes résiduels	0 octets

[Ensemble_de_données0]

Avertissements

Pour les modèles avec la variable dépendante calcul, les variables suivantes sont des constantes ou comportent des corrélations manquantes : groupe. Elles seront supprimées de l'analyse.

Variables introduites/supprimées^a

Modèle	Variables introduites	Variables supprimées	Méthode
1	mdIND, Ftemps, stroop, Fscore, mdD, tmta, tmtb ^b		. Entrée

a. Variable dépendante : calcul

b. Toutes variables requises saisies.


```

NEW FILE.
DATASET NAME Ensemble_de_données1 WINDOW=FRONT.
DATASET ACTIVATE Ensemble_de_données1.
DATASET CLOSE Ensemble_de_données0.
T-TEST GROUPS=Groupe(1 2)
  /MISSING=ANALYSIS
  /VARIABLES=Item4 Item5 Item11 Calcul
  /CRITERIA=CI(.95).

```

Test-t

Remarques		
Résultat obtenu		15-DEC-2020 14:31:48
Commentaires		
Entrée	Ensemble de données actif	Ensemble_de_données1
	Filtrer	<aucune>
	Poids	<aucune>
	Scinder fichier	<aucune>
	N de lignes dans le fichier de travail	30
Traitement des valeurs manquantes	Définition de manquante	Les valeurs manquantes définies par l'utilisateur sont traitées comme manquantes.
	Observations prises en compte	Les statistiques de chaque analyse sont basées sur les observations ne comportant aucune donnée manquante ou hors intervalle pour aucune variable de l'analyse.
		T-TEST GROUPS=Groupe(1 2)
Syntaxe		/MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Item4 Item5 Item11 Calcul /CRITERIA=CI(.95).
Ressources	Temps de processeur	00:00:00,02
	Temps écoulé	00:00:00,06

[Ensemble_de_données1]

Test d'échantillons indépendants

		Test-t pour égalité des moyennes		
		Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type
Item4	Hypothèse de variances égales	,376	1,66667	1,85181
	Hypothèse de variances inégales	,376	1,66667	1,85181
Item5	Hypothèse de variances égales	,299	-,26667	,25198
	Hypothèse de variances inégales	,301	-,26667	,25198
Item11	Hypothèse de variances égales	,410	,53333	,63746
	Hypothèse de variances inégales	,410	,53333	,63746
Calcul	Hypothèse de variances égales	,493	,28000	,40338
	Hypothèse de variances inégales	,493	,28000	,40338

Test d'échantillons indépendants

		Test-t pour égalité des moyennes	
		Intervalle de confiance 95% de la différence	
		Inférieure	Supérieure
Item4	Hypothèse de variances égales	-2,12660	5,45993
	Hypothèse de variances inégales	-2,12985	5,46319
Item5	Hypothèse de variances égales	-,78282	,24948
	Hypothèse de variances inégales	-,78736	,25402
Item11	Hypothèse de variances égales	-,77243	1,83910
	Hypothèse de variances inégales	-,77731	1,84398
Calcul	Hypothèse de variances égales	-,54629	1,10629
	Hypothèse de variances inégales	-,54639	1,10639


```

REGRESSION
/MISSING LISTWISE
/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
/NOORIGIN
/DEPENDENT calcul
/METHOD=ENTER groupe stroop tmtA tmtB Ftemps Fscore MTdirect MTindi.

```

Régression

Remarques		
Résultat obtenu		15-DEC-2020 14:40:09
Commentaires		
Entrée	Ensemble de données actif	Ensemble_de_données0
	Filtrer	<aucune>
	Poids	<aucune>
	Scinder fichier	<aucune>
	N de lignes dans le fichier de travail	15
Gestion des valeurs manquantes	Définition des valeurs manquantes	Les valeurs manquantes définies par l'utilisateur sont traitées comme manquantes.
		Les statistiques sont basées sur des observations ne contenant aucune valeur manquante pour toute variable utilisée.
	Observations prises en compte	
Syntaxe		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT calcul /METHOD=ENTER groupe stroop tmtA tmtB Ftemps Fscore MTdirect MTindi.
Ressources	Temps de processeur	00:00:00,03

Temps écoulé	00:00:00,05
Mémoire requise	3988 octets
Mémoire supplémentaire requis pour les diagrammes résiduels	0 octets

[Ensemble_de_données0]

Variables introduites/supprimées ^a			
Modèle	Variables introduites	Variables supprimées	Méthode
1	MTindi, Ftemps, stroop, Fscore, MTdirect, tmtA, tmtB ^b		. Entrée

a. Variable dépendante : calcul

b. Toutes variables requises saisies.

Coefficients ^a						
Modèle		Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.
		A	Erreur standard	Bêta		
1	(Constante)	15,569	2,137		7,287	,000
	stroop	-,103	,106	-,207	-,973	,363
	tmtA	-,006	,005	-,255	-1,071	,320
	tmtB	,006	,003	,542	2,211	,063
	Ftemps	-,003	,002	-,328	-1,730	,127
	Fscore	-,046	,042	-,201	-1,092	,311

MTdirect	-1,258	,297	-,812	-4,235	,004
MTindi	,116	,244	,089	,476	,648

a. Variable dépendante : calcul

```

REGRESSION
/MISSING LISTWISE
/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
/NOORIGIN
/DEPENDENT calcul
/METHOD=ENTER groupe stroop tmta tmtb Ftemps Fscore mdD mdIND.

```

Régression

Remarques		
Résultat obtenu		16-DEC-2020 12:23:23
Commentaires		
Entrée	Ensemble de données actif	Ensemble_de_données0
	Filtrer	<aucune>
	Poids	<aucune>
	Scinder fichier	<aucune>
	N de lignes dans le fichier de travail	15
Gestion des valeurs manquantes	Définition des valeurs manquantes	Les valeurs manquantes définies par l'utilisateur sont traitées comme manquantes.
		Les statistiques sont basées sur des observations ne contenant aucune valeur manquante pour toute variable utilisée.
	Observations prises en compte	

Syntaxe		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT calcul /METHOD=ENTER groupe stroop tmta tmtb Ftemps Fscore mdD mdIND.
	Temps de processeur	00:00:00,08
Ressources	Temps écoulé	00:00:00,11
	Mémoire requise	3988 octets
	Mémoire supplémentaire	
	requise pour les diagrammes résiduels	0 octets

[Ensemble_de_données0]

Avertissements

Pour les modèles avec la variable dépendante calcul, les variables suivantes sont des constantes ou comportent des corrélations manquantes : groupe. Elles seront supprimées de l'analyse.

Variables introduites/supprimées^a

Modèle	Variables introduites	Variables supprimées	Méthode
1	mdIND, Ftemps, stroop, Fscore, mdD, tmta, tmtb ^b	.	Entrée

a. Variable dépendante : calcul

b. Toutes variables requises saisies.

