



HAL
open science

Étude des répercussions d'un entraînement des fonctions exécutives sur les mécanismes de la lecture chez des enfants dyslexiques de CM2

Sarah Bargue

► **To cite this version:**

Sarah Bargue. Étude des répercussions d'un entraînement des fonctions exécutives sur les mécanismes de la lecture chez des enfants dyslexiques de CM2. Sciences cognitives. 2013. dumas-00873341

HAL Id: dumas-00873341

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

Submitted on 15 Oct 2013

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

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

BARGUE Sarah

Née le 10/02/1988

ETUDE DES REPERCUSSIONS D'UN
ENTRAINEMENT DES FONCTIONS
EXECUTIVES SUR LES MECANISMES DE LA
LECTURE CHEZ
DES ENFANTS DYSLEXIQUES DE CM2

Mémoire en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste

Université Bordeaux Victor Segalen

Département d'Orthophonie

Année Universitaire 2012-2013



UNIVERSITÉ
BORDEAUX
S E G A L E N

Mémoire d'Orthophonie

TITRE : Etude des répercussions d'un entraînement des fonctions exécutives sur les mécanismes de la lecture chez des enfants dyslexiques de CM₂

DATE DE PASSATION : 11 Octobre 2013

NOM DE L'ETUDIANT : Sarah BARGUE

MEMBRES DU JURY : - Directrice Adjointe : Anne LAMOTHE-CORNELOUP
- Directeur de Mémoire : Anne-Jaëlle BARDET-TANGUY
- Membres du Jury : - Claire LÉTÉ
- Marion AMIRAULT

APPRECIATION : Très Honorable - Honorable - Satisfaisant - Passable

COMMENTAIRES : Mémoire clair et bien construit qui répond à la démarche de la recherche. L'exploitation statistique des résultats manque un peu de maîtrise.

La proposition de ce protocole de rééducation est pertinente et ouvre des perspectives pour la pratique professionnelle.

Signature de la Directrice Adjointe

A. Lamothe-Corneiloup

Signatures des membres du jury

REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier Anne-Gaëlle BARDET-TANGUY pour avoir accepté de partager cette aventure en dirigeant ce mémoire. Je souhaite souligner son immense disponibilité, son écoute, son soutien et son sourire tout au long de cette année, en stage et pendant la réalisation de ce mémoire. Je la remercie également pour la confiance qu'elle témoigne à mon égard en me proposant de débiter à ses côtés.

Je remercie Anne LAMOTHE-CORNELOUP pour sa confiance lors de mon entrée à l'école d'Orthophonie de Bordeaux il y a 4 ans, pour sa disponibilité et sa bienveillance tout au long de ces années d'études.

Je remercie Claire Lété et Marion Amirault pour leur participation au jury de soutenance et leurs conseils avisés.

Je remercie l'ensemble des enseignants de l'école d'Orthophonie de Bordeaux pour l'enseignement qui nous a été délivré au cours de ces quatre années de formation.

Je tiens à remercier Séverine Delpech, Nathalie Michas, Hélène Passemard, Hélène Le Trequesser, Sylvie Jacques, Marie-Line Mathieu, Virginie Berland et Amélie Vignaud, mes maîtres de stage, pour leur accueil, leur bienveillance, le savoir qu'elles m'ont transmis et la confiance qu'elles ont témoigné à mon égard. Année après année, les instants passés à leurs côtés ont été toujours plus riches d'enseignements, d'échanges, de réflexions et ont conforté mon choix d'exercer cette profession. Merci à toutes.

Je remercie très sincèrement Marie Bouhelier, Sabine Bessede, Sonia Aubert, Juliette Chrétien, Muriel O'Byrne, orthophonistes, qui m'ont permis de rencontrer les petits patients de cette étude et en faisant part de leur enthousiasme et de leurs encouragements quant à la réalisation de ce travail.

Je remercie les enfants qui ont participé à cette étude ainsi que leurs parents. Leur disponibilité et leur accueil ont été précieux dans le déroulement de ce mémoire.

Je remercie Frank Tanguy pour ses précieux conseils et son soutien.

Je remercie mes amies et amis. Marie-Eve, Laure, Aurélie, Audrey, Laureline, Julie, Aurore, Lucile, Bertrane, Laurent, Pauline, Boris, Hélène pour leurs précieuses amitiés et leur soutien tout au long de la vie, leurs conseils, lectures... Emeline pour ses relectures, mes filleules Anne et Estelle, William, Flo, Lolotte, Solène, Elodie ... On ne se baladera peut-être plus au PQR, ni aux Papaladines, mais j'espère que le chemin sera encore long avec eux. Leur présence, de près ou de loin est un atout tellement indispensable à un bon équilibre dans la vie.

Je remercie ma famille et plus particulièrement mes parents pour leur inconditionnel amour, pour leur soutien et pour tous les précieux instants que nous partageons, il n'y en aura jamais trop ! Gracias à mi abuela por todo lo que me ha aprendido en la vida. A mi bisabuela, gracias por su luz en mi corazon.

Je remercie Alexandre d'être là et de m'avoir accompagnée un certain 26 juin 2009 devant les marches du PQR... Je le remercie pour son soutien, ses encouragements et sa patience. C'est un nouveau chapitre qui commence désormais...

Toutes ces personnes m'ont apporté par leur amour, leur amitié, leur confiance ou leur bienveillance. Je les en remercie.

Sommaire

<i>PARTIE THEORIQUE</i>	8
Avant-propos	9
1 La Dyslexie.....	11
1.1 Qu'est ce qu'apprendre à lire ?	11
1.1.1 Rappels préalables	11
1.1.2 L'apprentissage d'une écriture alphabétique	13
1.1.3 Modèles d'apprentissage de la lecture.....	14
1.1.4 Bases neurologiques de la lecture.....	16
1.1.5 Lecture experte	18
1.1.6 Compétences requises pour l'apprentissage de la lecture	20
1.1.7 Lire pour comprendre	21
1.2 Les troubles d'apprentissage de la lecture.....	26
1.2.1 Définitions	26
1.2.2 Etiologies	27
1.2.3 Classification	28
1.2.4 Evaluation de la lecture et diagnostic de dyslexie	30
2 Les Fonctions Exécutives	35
2.1 Généralités.....	35
2.1.1 Définitions	35
2.1.2 Anatomie	38
2.1.3 Modèles théoriques.....	40
2.1.4 Rééducation des fonctions exécutives	43
2.2 Inhibition cognitive et flexibilité mentale	45
2.2.1 Définitions de l'inhibition cognitive et de la flexibilité mentale.....	45
2.2.2 Développement.....	46
2.3 Fonctions exécutives et apprentissages	49
2.3.1 Parallèle entre le développement des fonctions exécutives et du langage écrit	50
2.3.2 Fonctions exécutives, lecture et dyslexie	50
2.3.3 Conclusions	54
<i>PARTIE PRATIQUE</i>	56

3	Matériel et méthode	57
3.1	Objectifs de l'étude	57
3.2	Choix et recrutement des participants	57
3.2.1	Présentation générale	57
3.2.2	Présentation des participants	58
3.3	Déroulement de l'expérimentation	60
3.3.1	Les différentes étapes de notre expérimentation	60
3.3.2	Bilans	60
3.3.3	Programme d'entraînement des fonctions exécutives	65
4	Présentation des résultats	72
4.1	Comparaisons des bilans initiaux	74
4.2	Evolution des performances du groupe expérimental entre T0 et T1	76
4.2.1	Evolution des scores du groupe expérimental	76
4.2.2	Evolution des performances de temps du groupe expérimental	80
4.3	Evolution des performances du groupe témoin entre T0 et T1	81
4.4	Comparaison des performances du groupe expérimental et du groupe témoin à T1 ...	82
	<i>DISCUSSION</i>	87
5	Discussion	88
5.1	Synthèse des résultats	88
5.2	Liens avec les données de la littérature	88
5.3	Réflexions méthodologiques	90
5.3.1	Sur les tests utilisés	90
5.3.2	L'effet re-test	91
5.3.3	Une évaluation à compléter	91
5.4	Limites de notre étude	92
5.4.1	Le programme de prise en charge	92
5.4.2	Le recrutement de notre population d'étude	95
5.5	Perspectives de notre étude	95
	<i>CONCLUSION</i>	97
	<i>INDEX</i>	99
	<i>ANNEXES</i>	103
	<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	115

PARTIE

THEORIQUE

Avant-propos

La lecture recouvre l'ensemble des activités de traitement perceptif, linguistique et cognitif de l'information visuelle écrite. En outre, dans une langue écrite alphabétique donnée elle permet au lecteur, de décoder, de comprendre et d'interpréter les signes graphiques de cette langue. Elle est omniprésente dans notre société. La lecture est une des bases de l'instruction : instrument principal de toutes les circulations d'informations ou d'idées, elle est considérée comme la matrice des apprentissages intellectuels. Savoir lire et écrire est une priorité première parce que ces compétences conditionnent l'accès à tous les domaines du savoir.

Des troubles, d'origine multifactorielle et regroupés sous le terme de dyslexie, peuvent entraver de manière spécifique le développement et l'apprentissage de la lecture.

De plus, de récentes études ont permis de mettre en évidence des liens et des corrélations entre les difficultés d'apprentissage de la lecture et des déficits dans certaines fonctions exécutives, dont l'inhibition cognitive et la flexibilité mentale.

A partir de ces hypothèses, nous nous sommes alors interrogés sur l'intérêt d'étudier ces corrélations et d'inclure cette réflexion dans la pratique orthophonique afin d'envisager l'implication du travail de ces fonctions exécutives dans la remédiation des troubles d'apprentissages spécifiques de la lecture.

Nous avons donc proposé à une population d'enfants dyslexiques en classe de CM2, en parallèle d'une prise en charge orthophonique des troubles spécifiques d'apprentissage de la lecture, des exercices spécifiquement axés sur l'inhibition et la flexibilité, afin d'en évaluer l'effet sur les compétences en lecture et plus spécifiquement sur le décodage.

Nous nous sommes alors questionnés sur l'incidence que pourrait avoir une prise en charge visant spécifiquement un renforcement des fonctions exécutives dans le cadre d'une rééducation orthophonique des enfants dyslexiques.

Ainsi, nous avons exposé, en introduction, les concepts théoriques qui ont guidé notre étude. En effet, nous avons, dans un premier temps, étudié la lecture, son apprentissage et sa pathologie : la dyslexie. Puis, dans une partie consacrée aux fonctions exécutives et à leur description théorique, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux fonctions impliquées dans les tâches de lecture : l'inhibition et la flexibilité. Enfin, nous avons fait le lien entre la lecture, la dyslexie et ces fonctions. Dans la partie matériel et méthode nous nous sommes consacrés à la présentation du déroulement de notre étude. Puis, nous avons présenté les résultats obtenus à la suite de notre

expérimentation. Enfin, dans une dernière partie, nous avons analysé les résultats, puis, discuté des limites, des perspectives et des conclusions de notre étude.

1 La Dyslexie

La dyslexie est un trouble d'apprentissage de la lecture. A cet égard, il est fondamental d'analyser et de comprendre ce qu'est l'apprentissage de la lecture. Ainsi, dans une première partie, nous décrirons les différents processus qui permettent d'accéder à cet apprentissage. Puis nous exposerons les difficultés observées lorsque ces processus ne sont pas correctement développés et que l'activité de lecture est entravée.

1.1 Qu'est ce qu'apprendre à lire ?

« Apprendre à lire, c'est apprendre à construire des significations à partir d'une extraction d'indices et formuler des hypothèses à partir de cette extraction. C'est aussi utiliser, à chaque moment, l'information déjà recueillie pour traiter la suite du message » (Estienne, 1982 in LUSSIER & FLESSAS, 2009).

Après quelques rappels concernant la lecture et les différents constituants linguistiques des mots, nous présenterons différents modèles d'apprentissage de la lecture, les réseaux neurologiques qui sous-tendent cette compétence, les compétences requises pour accéder à cet apprentissage ainsi que les différentes étapes de la compréhension en lecture.

1.1.1 Rappels préalables

1.1.1.1 Sur la lecture

L'activité de lecture correspond à l'ensemble des opérations mentales effectuées par le système cognitif sur les structures sensorielles et motrices du traitement du langage (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013).

La capacité de lecture est, d'une part, la partie des ressources mentales mobilisées dans la lecture mais non mises en jeu dans d'autres activités, et d'autre part l'ensemble des processus perceptifs qui permettent que la forme physique du signal graphique ne soit plus un obstacle à la compréhension (ECALLE & MAGNAN, 2010).

La performance en lecture renvoie au résultat ou au degré de succès dans l'activité de lecture (ECALLE & MAGNAN, 2010).

La **lecture** est donc une tâche cognitive automatisée, peu coûteuse cognitivement, qui consiste à reconnaître les mots écrits (il s'agit de la lecture silencieuse) et à extraire la prononciation correspondant à une représentation graphique du langage parlé (il s'agit de la lecture à voix haute). Le but de l'apprentissage de la lecture doit donc permettre à l'enfant de se constituer un dictionnaire mental dans lequel l'orthographe de chaque mot est reliée au sens qui lui correspond (ECALLE & MAGNAN, 2010).

1.1.1.2 Sur les différents constituants d'un mot

Ces définitions ont été élaborées d'après le Dictionnaire d'Orthophonie (BRIN, COURRIER, LEDERLE, & MASY, 2004).

Le **phonème** est la plus petite unité de la langue orale qui, dans une écriture alphabétique, est transcrite par un graphème. Il permet de différencier, dans une langue donnée, deux mots. En français par exemple, *v* et *b* sont des phonèmes qui permettent de différencier *beau* et *veau*, mais ce n'est pas le cas en espagnol.

Le **graphème** est l'unité de base de l'écriture alphabétique. Il correspond à un phonème. Il peut être composé d'une seule ou de plusieurs lettres (a, ou, ch) et comporter des marques diacritiques comme les accents aigu, grave ou circonflexe, le tréma et la cédille.

La **syllabe**, quant à elle, est l'unité de base de l'écriture syllabique. Une syllabe comporte au minimum un phonème (a, o, eau). Différentes structures sont possibles : une consonne suivie d'une voyelle (tu), une voyelle suivie d'une consonne (or) ou encore des syllabes qui commencent et/ou se terminent par une consonne (bol) ou un groupe de consonnes (strict).

Les **morphèmes** sont les plus petites unités lexicales significatives. Deux types de morphèmes sont distingués. Les *morphèmes lexicaux* qui correspondent au radical des mots et les *morphèmes grammaticaux* qui contiennent les désinences verbales, les marques du genre, du nombre...

1.1.1.3 Sur les caractéristiques des mots rencontrés dans un texte

Dans la langue française, nous pouvons être amenés à rencontrer différents types de mots, avec des caractéristiques propres à chacun (Les définitions suivantes ont été élaborées d'après le Dictionnaire d'Orthophonie (BRIN, COURRIER, LEDERLE, & MASY, 2004).

Les **mots réguliers** sont des mots écrits dont l'identification ou la lecture est réalisable par la stricte application des règles de conversion graphème-phonème. C'est le cas du mot *livre* par exemple.

Les **mots irréguliers**, quant à eux, possèdent une structure orthographique qui ne permet pas la lecture ou l'identification par l'utilisation de la conversion graphème-phonème. Ils comportent une zone d'irrégularité qui nécessite, de la part du lecteur, une connaissance et une maîtrise. Il est également important qu'elle soit stockée dans le lexique orthographique interne. Le mot *monsieur*, est un mot irrégulier.

Les **mots fréquents** apparaissent avec une fréquence élevée dans la langue. Ils sont susceptibles d'être plus facilement identifiés qu'un mot rare ou moins fréquent. Le mot *école* est considéré comme un mot fréquent.

Les **mots peu fréquents** sont des mots dont la fréquence d'apparition est peu élevée. Ils seront probablement moins facilement identifiés que les mots fréquents. Le mot *longanimité* est considéré comme un mot rare.

Souvent utilisés dans les épreuves d'évaluation de la lecture, mais de plus en plus présents au quotidien lorsqu'il faut lire des noms de molécules chimiques, nous pouvons être amenés à rencontrer des **pseudomots**, aussi appelé **non-mots**. Ils sont décrits comme des structures linguistiques écrites et prononçables n'ayant pas de signification particulièrement utile. Ils sont fréquemment utilisés dans l'évaluation de l'efficacité de la procédure d'assemblage ou voie phonologique d'un lecteur.

1.1.2 **L'apprentissage d'une écriture alphabétique**

Pour comprendre les problèmes auxquels sont confrontés les enfants quand ils apprennent à lire, il est important d'avoir une idée précise de ce qu'implique cet apprentissage dans une écriture alphabétique comme le français.

Une écriture alphabétique transcrit principalement les unités distinctives minimales de l'oral, les phonèmes, qui permettent de distinguer les mots dans une langue donnée. Dans ces systèmes d'écritures, comme en français, les lettres de l'alphabet ne permettent pas de transcrire tous les phonèmes de la langue. Il est donc nécessaire d'utiliser des combinaisons de lettres ou des marques spécifiques pour transcrire certaines voyelles. L'unité de base de l'écrit n'est donc pas la lettre mais le graphème qui renvoie au phonème, l'unité de base du système phonologique (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013).

Les processus langagiers impliqués dans la lecture sont décrits généralement comme des opérations mentales effectuées par le système cognitif sur des structures linguistiques de tailles différentes qui vont d'unités qui n'ont pas de sens (lettres en relations avec les sons) à des unités signifiantes (mots, phrases ou textes). D'après Perfetti, Landi et Oakhill (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013), les processus fondamentaux de la lecture régissent des traitements linguistiques mis en œuvre par le lecteur. A la suite de cette constatation, Sprenger-Charolles et Colé (2013) en démontrent la pertinence en mettant en avant la fréquence des déficits de traitement du langage de très bas niveau (décodage des mots) dans les difficultés d'acquisition de la lecture.

De manière globale, les différents modèles de lecture décrits distinguent trois étapes principales dans l'activité de lecture : le traitement perceptif (analyse et extraction de l'information visuelle des mots), la reconnaissance des mots et la compréhension (HOOVER & GOUGH, 1990).

1.1.3 Modèles d'apprentissage de la lecture

Il existe plusieurs types de modèles d'apprentissage de la lecture. Nous en exposerons ici trois. D'abord, le modèle développemental, permet de rendre compte de la dynamique développementale des différentes étapes de reconnaissance des mots par lesquelles passent les enfants au cours de leur développement. Ensuite, le modèle interactif permet d'exposer les interactions entre les processus mis en jeu au cours de la reconnaissance des mots écrits. Enfin, le modèle connexionniste, qui est récent, devient actuellement influent dans le domaine de la recherche (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013).

1.1.3.1 Modèle développemental

Le modèle de référence est celui de Frith (1985). Ce modèle expose le développement des processus d'identification des mots écrits en trois phases successives dont chacune se distingue par la stratégie de traitement préférentiellement utilisée.

La **phase logographique** souligne un traitement visuel global des mots à partir d'indices contextuels extralinguistiques, d'indices configuratifs et d'indices saillants (première et dernière lettres, jambages et hampes).

Durant la **phase alphabétique**, le traitement analytique des mots est soutenu par la connaissance des correspondances graphème-phonème. Il s'agit d'une médiation phonologique.

Enfin, au cours de la **phase orthographique**, le traitement lexical direct des mots est soutenu par l'accès à leur représentation orthographique stockée dans le lexique interne. Ce n'est qu'à ce stade que l'enfant maîtrise le code alphabétique.

1.1.3.2 Modèle interactif

Seymour (1997) propose un modèle à deux procédures : l'assemblage et l'adressage (**Figure 1**). Une voie sémantique est introduite dans la procédure d'adressage.

Trois processeurs définissent ainsi ce modèle :

- **Le processeur visuel**, spécialisé dans l'analyse des mots écrits, permet la reconnaissance des formes graphémiques, des lettres, des séquences de lettres et des morphèmes libres ou liés.
- **Le processeur sémantique**, qui concerne la signification, permet l'accès à la compréhension et aux constructions des interprétations syntaxiques.
- **Le processeur phonologique** est le système de production de la parole. Il contient le stock lexical et les représentations phonémiques de la parole.

Ce modèle fonctionne selon **trois types de relations entre les processeurs** :

La **voie graphémique** concerne la relation entre les processeurs visuel et phonologique. Les unités graphémiques sont transmises et converties en unités phonémiques. La production orale devient alors possible grâce à la sélection du bon élément dans le stock lexical.

Les **voies morphémiques** permettent la reconnaissance des unités morphémiques ou lexicales au niveau du processeur visuel. Dans la **voie morphémique directe**, l'information morphémique est transmise au processeur phonologique. Une entrée lexicale est alors adressée et la séquence phonologique correspondante est activée rendant possible une réponse orale. Dans la **voie morphémique sémantique**, les informations (visuelles ou lexicales) sont transmises au processeur sémantique. Les informations de compréhension peuvent alors aboutir par l'intermédiaire du processeur phonologique.

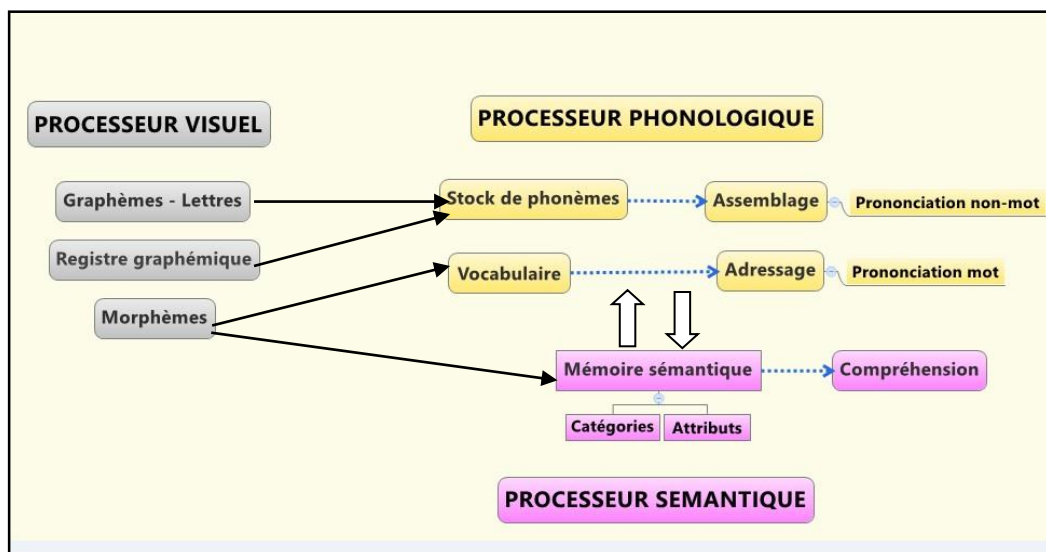


Figure 1 : *Modèle interactif de lecture* d'après Seymour, 1997

1.1.3.3 Modèle connexionniste

L'approche connexionniste (McCLELLAND, 1999) repose sur le principe de **simulation du fonctionnement neuronal**. Basé sur le traitement de l'indentification des mots écrits, il réalise, lors de la présentation d'un mot, des activations de réseaux sensibles aux informations phonologiques, sémantiques et orthographiques (**Figure 2**). S'appuyant sur des propriétés générales des activités cognitives (SEIDENBERG, sous-presse), ce traitement d'informations est conçu comme un ensemble de connexions entretenues par les unités de traitement élémentaires phonologiques, orthographiques et sémantiques (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013).

L'application de ce modèle au traitement des mots écrits ne fait pas la distinction entre les mots réguliers et les mots irréguliers (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013). Lorsqu'un stimulus (un mot) est présenté, les trois unités de traitement du réseau (phonologique, orthographique et sémantique), qui sont interconnectées, vont s'activer aléatoirement, jusqu'à l'exécution d'un patron d'activation stable, satisfaisant et correspondant à l'interprétation du mot présenté.

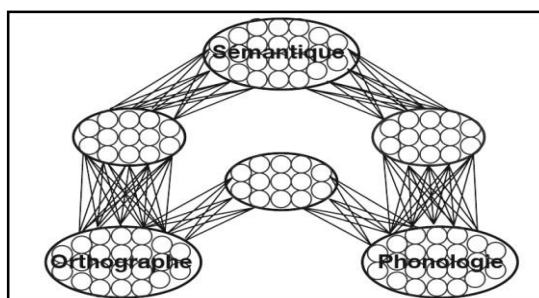


Figure 2 : Le réseau connexionniste du traitement lexical d'après Seidenberg et McClelland, 1989, et Plaut, 1999 in Sprenger-Charolles & Cole, 2013.

1.1.4 Bases neurologiques de la lecture

Des études se sont appuyées sur les techniques d'imagerie cérébrale par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) pour visualiser l'activité du cerveau au cours de tâches cognitives, dont la lecture. Les **aires cérébrales** impliquées dans les **activités de lecture** sont situées dans **l'hémisphère gauche (Figure 3)**. En plus de l'aire **temporo-occipitale**, les aires **frontales** et **pariéto-temporales** impliquées dans la perception et la production du langage interviennent dans les activités de lecture. La zone occipito-temporale, située dans la portion médiane du gyrus fusiforme de l'hémisphère gauche, traiterait la forme visuelle des mots (**aire 37**). Deux zones pariéto-temporales, le gyrus marginal (**aire 40**) et le gyrus angulaire (**aire 39**), interviendraient dans les processus de mise en relation des informations visuelles et phonologiques durant une activité de

lecture. Enfin, trois zones frontales interviennent dans le traitement de la lecture. Il s'agit des **aires 6 (cortex prémoteur), 44 et 45**. La lecture sollicite donc des zones spécifiques du cortex cérébral.

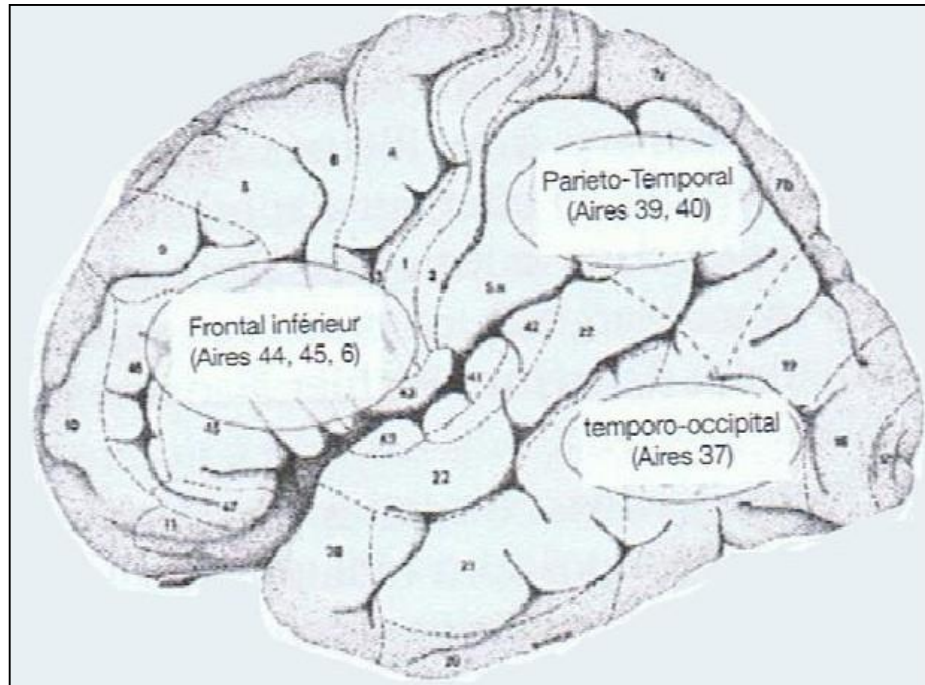


Figure 3 : Les aires cérébrales impliquées dans la lecture (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013).

Cependant, d'après Stanislas Dehaene (2007), les aires cérébrales mobilisées au cours d'une activité de lecture ne sont pas toutes spécifiques de la lecture. Le traitement de la forme visuelle des mots est effectué au niveau occipito-temporal. Ces informations visuelles sont ensuite distribuées aux autres régions enrôlées dans la lecture : les zones temporale et frontale, qui traitent l'accès au sens, et les zones temporales et pariétales, qui s'occupent de l'accès à la prononciation et de l'articulation du langage parlé, nécessaire dans la lecture à voix haute. Les aires visuelles sont donc interconnectées avec les aires du langage (**Figure 4**). Des études plus approfondies seraient nécessaires pour explorer en détail la connectivité cérébrale des régions impliquées dans l'activité de lecture (DEHAENE, 2007).

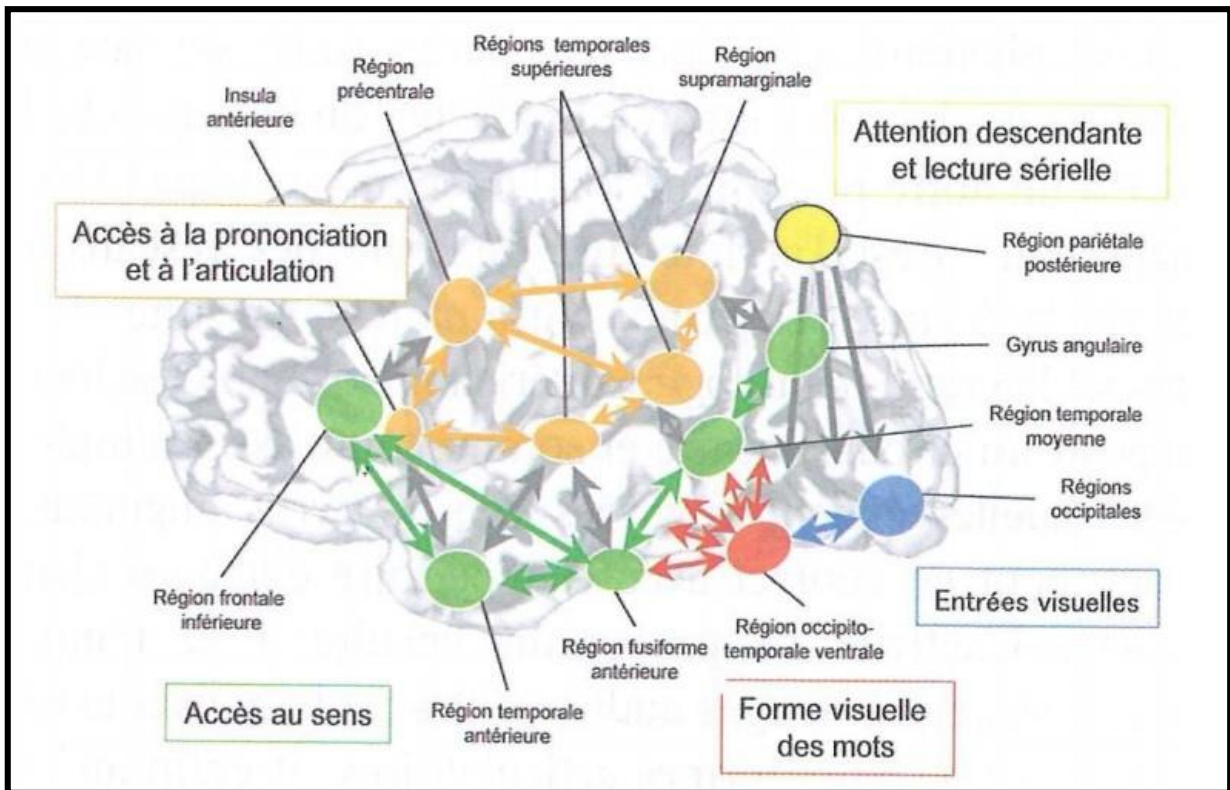


Figure 4 : Les voies cérébrales de la lecture d'après Dehaene, 2007.

1.1.5 Lecture experte

Décrit en 1978, le modèle de lecture à double voie de Coltheart postule que nous avons deux systèmes de traitement des mots écrits (COLTHEART, RASTLE, PERRY, LANGDON, & ZIEGLER, 2001) : un système **phonologique** et un système **lexical** (Figure 5). Depuis sa description, il a fait l'objet de récents développements (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013). Il conserve encore aujourd'hui une importante influence dans le domaine de l'évaluation de la lecture et de son apprentissage.

1.1.5.1 Système phonologique

Le système phonologique est aussi appelé **voie d'assemblage** ou voie indirecte. Ce système passe par un « *traitement analytique et séquentiel des lettres et des graphèmes du mot à traiter* » (HERBILLON & LAUNAY, 2002). La maîtrise des règles de correspondance grapho-phonémique est donc nécessaire. La séquence de lettres fait l'objet, dans un premier temps, d'une segmentation graphémique. Puis, à chaque graphème est attribué un phonème. Une synthèse phonémique est enfin établie pour récupérer la forme complète du mot.

1.1.5.2 Système lexical

Ce système, aussi appelé **voie d'adressage** ou voie directe, engage un accès plus rapide aux informations verbales stockées dans le lexique orthographique.

La forme orthographique des mots est globalement visualisée. Le cerveau en a déjà une **trace engrammée dans le lexique orthographique interne**. Ce processus permet au cerveau de donner directement l'**accès à la forme phonologique du mot ou bien d'activer son sens grâce au système sémantique** (DEHAENE, 2007). Cette voie lexicale permet donc de lire les mots irréguliers, comme *femme*, qui ne pourraient pas être lus par une correspondance graphème-phonème stricte. Cette voie n'est cependant pas efficace pour lire les nouveaux mots ou les pseudo-mots.

Le statut de lecteur expert se caractérise par l'automatisation des processus d'identification des mots écrits. Ainsi, la procédure lexicale, plus rapide, efficace et automatisée, est la plus usitée (ECALLE & MAGNAN, 2010). La procédure phonologique reste indispensable pour le déchiffrement de mots nouveaux, donc le traitement unité par unité des mots (BRIN, COURRIER, LEDERLE, & MASY, 2004). Elle est aussi nécessaire pour opérer un rétro-contrôle de la voie lexicale lorsque, par exemple, la lecture est trop rapide et qu'un nouveau mot, très peu attendu, apparaît. Une procédure analytique permettra un retour sur ce mot et un traitement quasi-instantané.

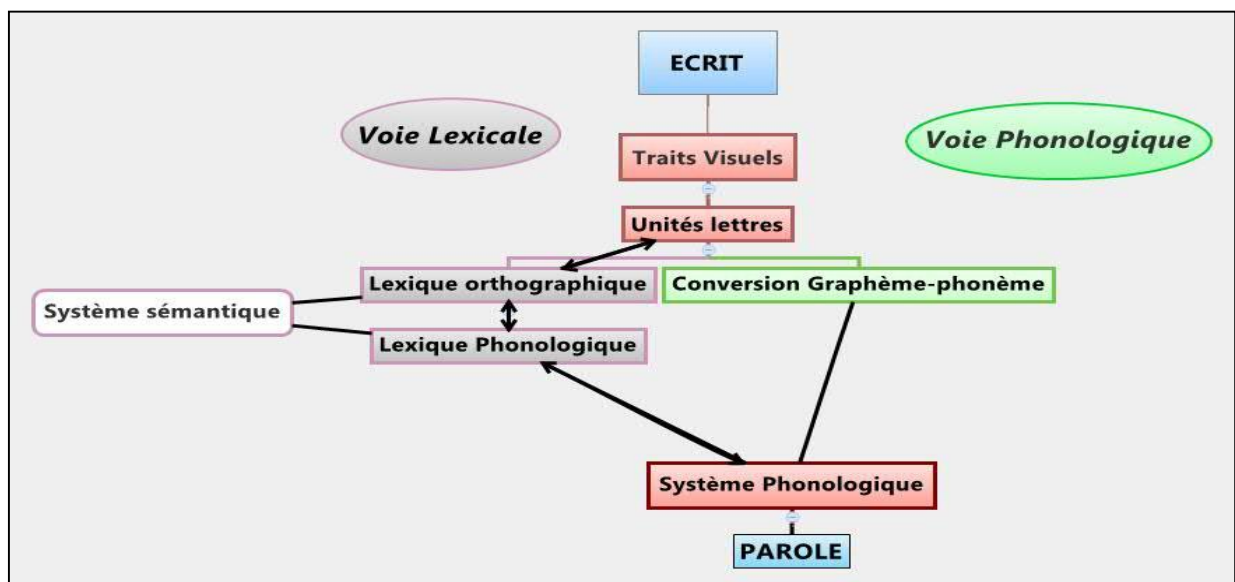


Figure 5 : *Le modèle à double voie de lecture d'après Coltheart et al. (2001).*

1.1.6 Compétences requises pour l'apprentissage de la lecture

Lire met en jeu de nombreux processus cognitifs tels que le traitement de l'information visuelle, auditive, phonologique et sémantique et la mémoire à court terme. Pour que les processus plus complexes, liés au sens et à la compréhension, puissent se réaliser, il est nécessaire qu'un certain nombre d'éléments cognitifs, qualifiés de bas niveau, soient opérationnels et automatisés (MAZEAU, 2005).

Parmi les compétences intervenant dans traitement du langage écrit, nous citerons les principales :

- La **conscience phonologique** est la capacité à identifier les sons et à les manipuler en facilitant la conversion graphème-phonème.
- La **mémoire de travail** intervient dans la lecture quand la mémoire à court terme est saturée (LECOCQ, 1991) et quand le matériel à lire nécessite une conversion graphème-phonème. Cette fonction permet à l'enfant de maintenir des séquences en mémoire le temps de les identifier et/ou de les assembler. De façon plus générale, la **mémoire de travail** est un système cognitif de capacité limitée capable de **stocker** mais aussi de **manipuler** des informations tout en permettant l'accomplissement de tâches cognitives comme le raisonnement ou la compréhension. Les informations sont temporairement maintenues et disponibles (MORET & MAZEAU, 2013). Nous détaillerons plus tard cette fonction cognitive.
- L'**attention visuelle**, capacité qui permet de focaliser son **attention sur un stimulus visuel** cible situé parmi d'autres stimuli considérés comme distracteurs (BURNHAM, SABIA, & LANGAN, 2013), encourage, en lecture, une bonne perception visuelle des séquences de lettres ou de mots et de leur disposition.
- Un bon niveau de **langage oral** est propice au développement et à l'apprentissage de la lecture.
- La **morphologie** conçoit les mots comme des unités lexicales ou grammaticales et établit des frontières entre les mots ; elle favorise la reconnaissance lexicale et permet d'augmenter la rapidité et l'efficacité de la lecture.
- La **dénomination rapide** est une composante cognitive (RAN Rapid Automatic Naming en anglais) qui permet de rendre compte des capacités d'accès au lexique et pourrait fournir des données prédictives sur l'apprentissage de la lecture (ECALLE & MAGNAN, 2010). La

batterie informatisée DRA : Test de dénomination rapide pour enfants (PLAZA & ROBERT-JAHIER, 2006) est entièrement consacrée à l'évaluation de cette habileté.

- Les **fonctions cognitives et exécutives**, qui font l'objet de notre étude, sous-tendent les apprentissages dont celui de la lecture (Mazeau, 2008 ; Moret et Mazeau, 2013).

1.1.7 **Lire pour comprendre**

Comme nous venons de le décrire, un ensemble de processus permet d'accéder à la reconnaissance des mots écrits et à l'acquisition des règles de correspondance graphème-phonème. Ces compétences, qui s'établissent dans une activité de lecture, permettent de la diriger vers un but : la compréhension. Nous verrons que différentes étapes et composantes sont déterminantes dans cette activité.

1.1.7.1 **Généralités**

La compréhension est une activité régie par la contrainte de processus cognitifs de haut niveau, c'est-à-dire la planification et la résolution de problèmes (ALTEIMER, 2008). Elle permet la construction de la signification locale et globale à partir d'informations données par les textes et des connaissances du lecteur. La compréhension d'un texte lu ne se limite cependant pas à une activité de combinaison de connaissances. Le traitement des mots ou déchiffrement est une étape essentielle.

Lire est le résultat de la multiplication d'une bonne **reconnaissance** par une bonne **compréhension** des mots identifiés. Gough et Tunmer (1986) proposent la formule suivante :

$$\mathbf{L = R \times C}$$

L correspond à la **performance en lecture**, capacité à extraire des informations d'un texte.

R correspond à la **reconnaissance des mots écrits** (identification) dont dépendent des mécanismes spécifiques du traitement de l'écrit : la perception visuelle des formes graphiques et les mécanismes d'identification des mots.

C correspond à la **compréhension syntaxique et lexicale** dépendant du degré de maîtrise des différentes composantes du langage oral. Ce facteur dépend aussi des connaissances encyclopédiques du lecteur.

Comprendre un texte implique donc de pouvoir lire tous les mots, rapidement et précisément grâce à la mise en œuvre de processus phonologiques (décodage) et visuo-orthographiques (voie lexicale). La compréhension est également soumise à l'activation des connaissances sémantiques et syntaxiques issues du traitement de chaque mot.

Si la reconnaissance des mots (R) ou la compréhension (C), ou ces deux composantes simultanément, sont perturbées, la lecture et donc la compréhension seront compromises.

1.1.7.2 Les étapes de la compréhension

La compréhension est donc issue de processus séquentiels au cours desquels chaque mot est traité successivement et apporte une information plus ou moins pertinente. Suit également l'activation de connaissances propres au lecteur (FAYOL, 1992). Il est alors nécessaire de distinguer plusieurs **étapes dans la compréhension d'un texte lu** (ECALLE & MAGNAN, 2010) :

1. *L'accès au lexique mental* : l'identification de mots rapide et précise est essentielle à la compréhension. L'automatisation de ce processus allège la charge en mémoire de travail afin d'allouer davantage de ressources cognitives à la compréhension.
2. *L'analyse syntaxique* s'effectue petit à petit. En effet, la prise en compte des informations morphologiques est nécessaire.
3. *L'intégration des propositions avec leurs significations* repose sur la précision des informations syntaxico-sémantiques. Les capacités mnésiques et attentionnelles du lecteur sont alors requises.
4. *La combinaison de différentes propositions* est facilitée par la cohésion du texte et celle que le lecteur construit au fil des propositions rencontrées. La prise en compte des informations morphologiques, morpho-syntaxiques, thématiques et pragmatiques est nécessaire. Les capacités mnésiques (mémoire de travail) et inférentielles sont alors sollicitées pour combiner les propositions et sélectionner les informations nécessaires à la constitution d'un modèle mental.
5. *La construction d'un modèle mental de la situation* est possible à partir de la situation décrite dans le texte. Les connaissances encyclopédiques du lecteur et les schémas du texte intégrés au fil de la lecture facilitent cette construction.

1.1.7.3 Facteurs déterminants de la compréhension en lecture

D'après Ecalte et Magnan (2010), il existe des facteurs qui influencent la compréhension en lecture. Nous décrivons les suivants :

Des études ont investigué les liens entre **l'identification des mots écrits** et la compréhension écrite. Les compétences liées à des processus phonologiques impliqués dans l'identification des mots constitueraient un facteur prédictif dans la compréhension (OAKHILL & CAIN, 2003).

La compréhension fait également intervenir **les connaissances sémantiques et syntaxiques** du sujet. Des études ont démontré la réciprocité des liens entre le niveau de vocabulaire et la compréhension. Ouellette (2006) note que c'est la profondeur du vocabulaire, c'est-à-dire l'ensemble des significations et des détails conceptuels contenus dans un mot, qui paraît la mieux corrélée avec la compréhension.

Les processus d'inférences, nécessaires pour lier les informations données explicitement dans le texte et celles qu'il faut déduire, semblent contribuer significativement à la compréhension.

La connaissance et **le repérage d'une structure textuelle** constituent un appui important dans la compréhension. Ils contribuent à la sélection des éléments dont le lecteur a besoin pour comprendre. Différents marqueurs linguistiques, dont la ponctuation, les connecteurs logiques et les anaphores, permettent également d'orienter le lecteur et de guider la structure textuelle.

Les connaissances personnelles d'un lecteur peuvent aider à extraire des idées importantes d'un texte. De plus, le lecteur engage un objectif qui peut varier en fonction du type de texte lu. Il peut alors avoir recours à **l'utilisation de stratégies** qui permettent de réguler l'activité de lecture et centrer son attention sur les informations qui lui semblent pertinentes pour accéder à la compréhension. Aussi, il est important que le lecteur puisse réfléchir sur ce qu'il vient de lire et si cela fait sens. Ces capacités sont liées au **guidage de la compréhension** en lecture et vont permettre au lecteur de vérifier la cohérence et la consistance du texte qu'il vient de lire.

Enfin, la compréhension d'un texte engage **des processus mnésiques**. En effet, pour faciliter la construction d'un modèle mental, il est nécessaire de sélectionner les informations pertinentes pour la compréhension et de supprimer celles qui ne le sont pas, et cela, tout au long du texte. La rétention, la sélection ainsi que le classement des informations en fonction de leur degré de pertinence engagent des processus qui s'appuient sur la **mémoire de travail**, et plus spécifiquement sur la **mise à jour**. C'est cette fonctionnalité qui permettra de supprimer l'information non essentielle.

Les composantes engagées dans la compréhension en lecture sont résumées sur la **figure 6** (ECALLE & MAGNAN, 2010). Si l'une ou plusieurs des composantes sont affectées, des difficultés peuvent apparaître.

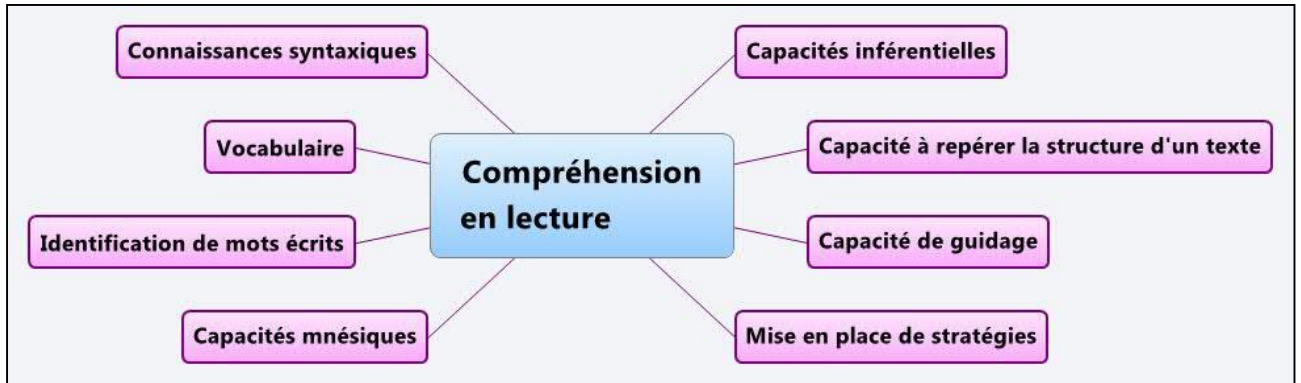


Figure 6 : *Les principaux déterminants de la compréhension en lecture d'après Ecalle et Magnan, 2010.*

A retenir dans le cadre de notre étude :

Lire est une activité complexe qui fait appel à de nombreux processus cognitifs afin de traiter toutes les informations nécessaires pour accéder à la compréhension du code écrit. Avant de parler de dyslexie, il est fondamental de comprendre les mécanismes d'apprentissage de la lecture, mécanismes qui requièrent des compétences nécessaires qui leur sont associés. Reconnaître des mots écrits, acquérir les règles de déchiffrement et de décodage graphème-phonème sont des éléments indispensables à l'automatisation et l'accès à une lecture compétente. Mazeau (2008) indique que les fonctions cognitives, dont les fonctions exécutives, sous-tendent l'apprentissage du langage écrit.

De nombreux modèles d'identification et de traitement des mots ont été décrits. Le modèle à double voie de Coltheart, élaboré en 1978, conserve aujourd'hui une importante influence dans l'évaluation des compétences en lecture, dans les études qui s'y intéressent ainsi que dans le diagnostic et la classification des dyslexies.

1.2 Les troubles d'apprentissage de la lecture

La compréhension de l'apprentissage normal de la lecture est fondamentale pour aborder les difficultés qui peuvent apparaître au cours de son développement. Pour certains enfants, les difficultés sont passagères ou associées à certains facteurs (carence socio-éducative, bilinguisme, déficiences sensorielles par exemple). Pour d'autres, elles sont persistantes et apparaissent isolément. Nous parlons de dyslexie.

Afin de mieux appréhender ces troubles, nous tenterons de comprendre quelles en sont les causes explicatives, nous détaillerons ensuite les différents types de dyslexies qui ont été identifiés. Enfin, parce que c'est une étape essentielle dans l'appréhension d'un trouble, nous aborderons son évaluation.

1.2.1 Définitions

1.2.1.1 Trouble d'apprentissage

Le diagnostic de trouble spécifique d'apprentissage est posé lorsque les performances aux tests standardisés portant sur la lecture, l'expression écrite et le calcul, sont nettement au-dessous du niveau escompté de l'enfant, compte tenu de son âge, de son niveau scolaire et de son niveau intellectuel. (CIM-10/IDC-10, 1994).

1.2.1.2 Trouble spécifique d'apprentissage de la lecture : La dyslexie

D'un point de vue étymologique, la **dyslexie** est un terme qui signale l'existence de **difficultés** dans l'**acquisition du langage écrit**. C'est en 1896 que le premier cas de dyslexie officiellement observé a été publié dans le *British Medical Journal*. L'article décrit le cas d'un adolescent intelligent qui ne pouvait pas apprendre à lire en raison d'une supposée cécité aux mots (PRINGLE-MORGAN, 1896). Pendant de nombreuses années, des déficiences dans le traitement visuel ont été largement accordées comme explication à la dyslexie. Actuellement, les causes explicatives dominantes sont justifiées par des troubles phonologiques (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013).

La **dyslexie développementale** ainsi dénommée par la Fédération Mondiale de Neurologie (CRITCHLEY, 1970) est un « *désordre durable manifesté par une difficulté sévère dans l'apprentissage de la lecture et dans l'acquisition de son automatisme en dépit d'une intelligence*

normale, d'un enseignement conventionnel et d'opportunités socioculturelles adéquates. Elle dépend de déficits cognitifs fondamentaux probablement d'origine constitutionnelle ».

Les dyslexiques sont des sujets d'intelligence normale et en bonne santé qui échouent dans l'apprentissage de la lecture. Le pourcentage de personnes souffrant de dyslexie varie en fonction de la transparence du système orthographique (INSERM, 2007b). Dans les pays francophones pour lesquels la transparence orthographique est dite « intermédiaire », cette prévalence se situe entre 6 et 8 %. Diagnostiquée à partir d'un retard de lecture, de 18 à 24 mois, après l'entrée au CP, ce trouble reflète un dysfonctionnement cognitif responsable des difficultés en lecture. Chez les patients dyslexiques, nous n'observons pas seulement un décalage dans les acquisitions, mais aussi une **permanence quantitative et qualitative des difficultés s'écartant de la norme**. Nous pouvons alors parler de déviance. La notion de trouble développemental induit une **désorganisation des processus d'acquisition** qui aboutit à un trouble d'identification des mots écrits. Habib (1997) affirme que « *la dyslexie doit être considérée comme une particularité du cerveau et non comme un effet pervers de l'éducation, du milieu social ou d'une carence affective* ». Il ajoute qu'elle est indépendante de la méthode de lecture utilisée.

1.2.2 Etiologies

Plusieurs étiologies, provenant de courants théoriques différents, sont évoquées pour expliquer les troubles du langage écrit dont la dyslexie.

L'approche classique propose une étiologie instrumentale : les pré-requis tels que l'orientation temporo-spatiale, la latéralité, la perception auditive ou visuelle sont insuffisamment développés pour permettre un bon apprentissage de la lecture (BELLONE, 2003).

L'approche génétique évoque des facteurs héréditaires, soutenue entre autres par des études réalisées sur les jumeaux (GILLEROT, 2003).

Les **théories psychanalytiques** présentent la dyslexie comme une difficulté de structuration personnelle et d'intégration du symbolique, la confusion dans la langue étant une manière de signifier un désordre intérieur (CHASSAGNY, 1978 ; MUCCHIELLI & MUCCHIELLI-BOURCIER, 1990).

La thèse du **handicap socio-culturel** défend l'idée selon laquelle le déficit de l'environnement langagier contribue à freiner le développement des apprentissages ; il apparaît que les troubles du langage oral ou écrit sont plus nombreux dans les familles issues de milieux défavorisés (BELLONE, 2003).

Certains auteurs ont défendu l'hypothèse d'une **déficiences auditive** qui serait à la source du trouble phonologique des dyslexiques (TALLAL, MILLER, & FITCH, 1993). Ce déficit affecterait le traitement des sons brefs et des transitions temporelles rapides (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013).

L'approche pédagogique donne l'école comme responsable de l'échec scolaire et affiche la méthode globale d'enseignement de la lecture comme responsable des difficultés en langage écrit (OUZILOU, 2001).

L'approche neuro-biologique montre une activité neuronale plus faible dans les aires corticales sollicitées pour la lecture (aires occipito-temporale, pariéto-temporale et gyrus frontal inférieur) ainsi qu'une symétrie du planum temporel normalement asymétrique, une taille anormalement grande du corps calleux et des ectopies corticales (HABIB, 1997).

Enfin, pour les tenants de la **théorie neurologique**, un dysfonctionnement du cervelet serait à l'origine de la dyslexie (BONNELLE, 2002).

Ainsi, il s'agit de rassembler toutes ces théories et de les confronter pour retenir ce que chacune apporte à la compréhension de la pathologie. De ce fait, c'est une **intrication de nombreux facteurs** (biologiques, sociaux, affectifs...) qui contribuent aux difficultés d'apprentissage de la lecture. Ces facteurs ne génèrent pas forcément tous les troubles du langage écrit mais peuvent les aggraver ou les compliquer.

1.2.3 **Classification**

Boder (1973) propose de distinguer trois grands types de dyslexies développementales : la **dyslexie phonologique** (ou dysphonétique), la **dyslexie de surface** (ou lexicale) et la **dyslexie mixte**. En 1995, Sylviane Valdois s'intéresse à d'autres facteurs explicatifs de la variabilité des troubles chez les sujets dyslexiques et parle alors de **dyslexie visuo-attentionnelle**. Lorsque qu'un enfant présente des *difficultés sélectives avec le décodage phonologique des mots*, nous parlons de *dyslexie phonologique* (Beauvois et Derouesné, 1979, cités par SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013). Lorsqu'il *ne peut utiliser les mécanismes d'identification des mots écrits* et qu'il *s'appuie principalement sur le décodage phonologique*, nous parlons de *dyslexie de surface* (Coltheart, Materson, Byng, Prior et Riddoch, 1983, cités par SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013). Ces observations sont basées sur le modèle à double voie de lecture (COLTHEART, RASTLE, PERRY, LANGDON, & ZIEGLER, 2001).

1.2.3.1 Dyslexie phonologique

Cette dyslexie se caractérise par la difficulté à maîtriser et à appliquer la conversion graphème-phonème. Il s'agit d'une **défaillance de la voie d'assemblage** (ou phonologique). Les sujets utilisent donc préférentiellement la voie d'adressage (ou lexicale). La lecture des mots est donc globale. Les mots orthographiquement proches sont difficilement discriminables. L'appui sur le contexte du texte lu est une stratégie mise en place par les sujets dyslexiques pour identifier les mots. Les pseudomots peuvent alors difficilement être lus alors que la lecture des mots réguliers et irréguliers est correcte à condition qu'ils fassent partie du stock lexical orthographique interne du sujet.

Nous notons dans cette dyslexie des erreurs dites de **lexicalisation**, des **paralexies phonémiques** ainsi que des **confusions** de graphies visuellement ou auditivement proches, des **inversions** de séquences de lettres, des **omissions** de consonnes et de syllabes ou encore des **ajouts** de graphies.

1.2.3.2 Dyslexie de surface

Egalement appelée dyslexie lexicale, la dyslexie de surface n'est pas associée à un trouble d'ordre phonologique mais est caractérisée par une **défaillance de l'utilisation de la voie d'adressage**. L'enfant, pour traiter le langage écrit, ne peut utiliser que la voie phonologique. Cela entrave l'accès au sens dans la mesure où le décodage devient trop fastidieux et donc pénible. La lecture des mots irréguliers est particulièrement problématique. En effet, pour certains d'entre eux la correspondance graphème-phonème n'est pas congruente (CASALIS, LELOUP, & PARRIAUD, 2013).

L'enfant peut alors avoir tendance à produire des **régularisations**, des **paralexies visuelles** ou **dérivationnelles**. Il peut cependant traiter correctement les pseudo-mots et les mots réguliers respectant une correspondance graphème-phonème stricte.

1.2.3.3 Dyslexie mixte

La dyslexie mixte, relativement fréquente, concerne l'**atteinte simultanée des deux voies de lecture**. Aucune des deux voies n'est opérationnelle pour l'enfant. Aucun appui constant et stable n'est possible ni sur les mécanismes de conversion graphème-phonème (voie phonologique) ni sur la reconnaissance globale des mots (voie lexicale).

La faiblesse d'une voie de lecture entraverait la faiblesse de l'autre et inversement. D'une part, le déficit de fonctionnement de la voie lexicale ne permet pas la constitution efficace du stock

lexical orthographique qui servira de référence au développement de la conversion graphème-phonème. D'autre part, si la conversion graphème-phonème n'est pas efficiente, les représentations lexicales ne peuvent pas se construire avec stabilité et donc permettre l'enrichissement du stock lexical orthographique.

1.2.3.4 Dyslexie visuo-attentionnelle

Ce type de dyslexie n'apparaît pas dans toutes les classifications. En effet, le déficit du traitement visuo-attentionnel dans le cas de la lecture est encore décrit comme un trouble associé et non comme une forme spécifique de trouble de la lecture. Considéré comme une **atteinte du processus visuel global**, il entraverait le traitement visuel et orthographique d'un mot. Pour être traitée correctement, la séquence orthographique du mot doit faire l'objet d'un traitement spécifique : le traitement visuo-attentionnel. De ces hypothèses découlent la théorie de l'empan visuo-attentionnel (VALDOIS, BOSSE, & TAINURIER, 2004). En situation de lecture, pour que les procédures d'identification puissent s'appliquer, l'attention visuelle doit se porter sélectivement et successivement sur chacun des mots. Dans ce type de trouble, l'enfant ne parviendrait pas à traiter la totalité des informations visuelles d'un mot mais seulement quelques lettres.

1.2.4 Evaluation de la lecture et diagnostic de dyslexie

L'évaluation est une étape essentielle dans l'appréhension d'un trouble. Elle permet d'objectiver le trouble et son évolution et d'orienter la prise en charge.

1.2.4.1 Comment peut-on évaluer la sévérité d'un déficit en lecture et à partir de quand ?

Un enfant qui présente des difficultés d'apprentissage de la lecture n'est pas forcément dyslexique. En effet, ses difficultés peuvent avoir des origines diverses : une maîtrise insuffisante de la langue, un environnement social peu stimulant ou une scolarisation peu assidue par exemple. L'apprentissage de la lecture pose également problème en cas de trouble psychologique grave, de déficit intellectuel ou encore de déficience sévère de l'acuité visuelle ou auditive. C'est seulement face à un déficit sévère d'apprentissage de la lecture, et après avoir éliminé les autres causes potentielles, que l'on peut parler de dyslexie.

Selon la Classification Internationale des Maladies et l'Organisation Mondiale de la Santé, **deux ans de retard dans l'apprentissage de la lecture** est le critère le plus souvent retenu

(CASALIS, LELOUP, & PARRIAUD, 2013). Cet apprentissage de lecture ne débutant pas avant 6 ans en France, il n'est donc pas possible de poser un diagnostic de dyslexie avant l'âge de 8 ans.

Habituellement, nous retenons les critères suivants (CASALIS, LELOUP, & PARRIAUD, 2013) :

- un trouble massif et persistant dans l'apprentissage de la lecture, un **retard d'au moins deux ans** ou une note standardisée située autour du 5^{ème} percentile ;
- une **intelligence normale, mesurée par un QI (Quotien Intellectuel)** ;
- une **absence de handicap** physique, sensoriel ou cérébral ;
- le suivi d'une **scolarité dans des conditions normales** ;
- l'obtention, au cours d'une épreuve standardisée, d'une **note située à 2 écarts-types (σ) en dessous du niveau escompté** compte tenu de l'âge et de l'intelligence du sujet ;
- de **sévères antécédents** de difficultés en lecture.

1.2.4.2 Outils

Dans la pratique clinique orthophonique, de nombreux tests normés et validés sont disponibles et utilisés. Ils permettent d'évaluer les différents domaines (**Tableau 1**) nécessaires à l'analyse de marqueurs spécifiques et prédictifs de troubles et à l'objectivation d'un diagnostic. Cependant les outils d'évaluation et de dépistage présentés ci-dessous ne constituent pas une liste exhaustive. Il en existe un certain nombre à disposition des orthophonistes, les principaux sont décrits ci-après.

Outils	Auteurs/Année	Public	Indications	Objectifs
N-EEL : Nouvelles épreuves pour l'examen du langage	Chevrie-Muller et Plaza (2001)	de 3 ans 7 mois à 8 ans 7 mois	Dysphasiques, troubles du langage liés ou non à une pathologie plus complexe	La batterie permet de faire un bilan complet des constituants formels du langage (phonologiques, lexicaux, morpho-syntaxiques) sur les deux versants réceptifs et expressifs, ainsi que des processus cognitifs en jeu dans l'apprentissage du langage (la mémoire auditivo-verbale, les aptitudes opératoires concrètes).
Alouette-R	Lefavrais (1965 ; test rééталonné en 2004)	De 6 ans à 16 ans	Détermination des typologies d'erreurs en lecture	L'Alouette-R permet, d'une part, d'évaluer les stratégies de lecture dans une situation de lecture à voix haute de texte et non pas de mots isolés. D'autre part, elle est utile pour analyser les difficultés en lecture en prenant appui sur les théories actuelles de l'apprentissage de la lecture, selon les types d'erreurs commises (les difficultés observées sont-elles liées à une atteinte de la voie phonologique, de la voie lexicale, des deux?).
ELO : Evaluation du langage oral	Khomsî (2001)	Enfants	- Evaluation de la compétence orale - Repérage et analyse des troubles du développement du langage	Cette batterie de six épreuves doit être considérée comme un bilan de langage oral complet. Elle est destinée à décrire et évaluer, de façon fine, diverses composantes de la compétence orale et donc à évaluer aussi le "risque" lecture.
L2MA : Batterie pour l'examen psycho- linguistique de l'enfant	Chevrie-Muller, Simon et Fournier (1997)	De 8 ans ½ à 11 ans ½	Bilan et suivi de la pathologie du langage oral et du langage écrit	Elle permet le diagnostic et l'évaluation des différentes capacités linguistiques susceptibles d'être altérées en pathologie chez l'enfant. Cette batterie se compose de 24 épreuves réparties en cinq domaines : langage oral, langage écrit, mémoire, attention, aptitudes visuo-motrices.
Odedys 2 : Outils de dépistage des dyslexies (2)	Jacquier-Roux, Valdois, Zorman, Lequette et Pouget (2005-2009)	De CE1- 5 ^{ème}	Analyse des mécanismes de la lecture	Ce test permet une analyse rapide du langage oral, des voies de lecture, de l'orthographe, des compétences phonologiques et visuo-attentionnelles et de la mémoire.
BREV : Batterie rapide d'évaluation	Billard, Livet, Motte, Vallée, Gillet, Galloux, Piller et Vol (2000)	De 4 à 9 ans	Troubles des apprentissages	La Brev sert à l'évaluation de différentes fonctions cognitives : langage oral, conscience phonologique, fonction non verbale, l'attention, mémoire et apprentissages scolaires Cette batterie à deux objectifs : dépister les enfants suspects d'un déficit des fonctions cognitives et préciser le profil de ce déficit, afin d'orienter l'enfant vers le professionnel compétent qui confirmera ou infirmera la présence d'un déficit.

LMC-R : Lecture de mots et compréhension révisée	Khomsi (1999)	CE1 à 5 ^{ème}	Analyse des stratégies de lecture des enfants en difficulté, par une approche clinique des difficultés de lecture	Les trois épreuves qui composent le test, visent à évaluer l'automatisation de la lecture, l'association de mots avec des images et la compréhension en lecture.
BELEC : Batterie d'évaluation du langage écrit et de ses troubles	Mousty, Leybaert, Alegria, Content et Morais (1994)	7 ans à 12 ans	Belec est un outil d'investigation des processus de lecture et d'acquisition	Belec permet l'identification de leurs difficultés au niveau des processus de lecture et d'écriture ainsi que de leur mise en relation avec d'autres habiletés qui pourraient en être à l'origine. La conscience de la structure segmentale de la parole, la perception fine de la parole et la mémoire phonologique de travail font à cet effet partie de l'évaluation.
Timé 3 : Test d'identification des Mots Écrits	Ecalte, (2006)	7 ans à 15 ans	Evaluation du niveau de lecture (individu, groupe ou classe)	Ce test évalue le niveau de lecture via la composante « identification des mots écrits ». Outil de passation simple et rapide (individuel ou en groupe) permet d'obtenir les performances en lecture (calcul âge lexique, repérage décile et établissement de profil de lecteur).
EVALEC : Batterie informatisée d'évaluation diagnostique des troubles spécifiques d'apprentissage de la lecture	Sprenger-Charolles, Colé, Piquard-Kipffer et Leloup (2010).	6 ans ½ à 10 ans 5 mois	EVALEC est une batterie de tests, qui permettent d'évaluer la sévérité des difficultés de lecture et des difficultés dans le développement d'habiletés reliées à la réussite en lecture.	EVALEC permet d'évaluer l'efficacité des deux voies de lecture : la voie lexicale ou orthographique (évaluée principalement par la lecture de mots irréguliers fréquents) et la voie sub-lexicale ou phonologique (évaluée par la lecture de pseudo-mots). EVALEC permet également d'évaluer les capacités d'analyse phonémique, de mémoire à court terme phonologique et de dénomination sérielle rapide, capacités reconnues comme essentielles à la lecture et souvent déficitaires chez les dyslexiques.
BALE : Bilan analytique du langage écrit	Jacquier-Roux, Valdois, Zorman (2000)	CE1 au CM2	Evaluation du langage écrit	Cette batterie doit permettre de poser un diagnostic de trouble spécifique du langage écrit chez des élèves d'efficacité intellectuelle dans les normes présentant un retard de lecture. Elle permet aussi d'étudier les processus cognitifs sous-jacents (phonologie, visuo-attentionnel...) et de repérer d'éventuels troubles associés (langage oral, attention...). Cette batterie est composée de différentes épreuves de langage écrit, de langage oral, de métaphonologie, de mémoire et d'épreuves visuelles.

Tableau 1 : Différents outils d'évaluation du langage écrit in Troles, 2010.

A retenir dans le cadre de notre étude :

L'apprentissage de la lecture constitue une base pour tous les autres apprentissages. Les troubles du langage écrit sont multifactoriels et touchent la reconnaissance des mots écrits, la conversion graphème-phonème et entravent la mise en place d'une lecture experte (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013). Cependant, plus la lecture est automatisée, plus elle est efficiente ce qui permet de la rendre cognitivement moins coûteuse.

De nombreuses compétences sont requises pour accéder aux apprentissages dont les fonctions cognitives et exécutives. Certaines d'entre elles, l'inhibition cognitive et la flexibilité mentale, soutiendraient des processus de traitement du langage écrit dont le déchiffrement (ALTEIMER, 2008). C'est pourquoi, avant de mettre en avant les liens entre la lecture et les fonctions exécutives, nous avons choisi, dans une deuxième partie, d'exposer les aspects théoriques de ces fonctions et de détailler plus spécifiquement l'inhibition cognitive et la flexibilité mentale.

2 Les Fonctions Exécutives

« On a l'habitude de comparer ces fonctions à celle d'un chef d'orchestre qui doit superviser et réguler l'ensemble des différents composants d'un orchestre ; chacun [...] peut être comparé à une fonction domaine-dépendante (langage, mémoire, compétences spatiales...), le rôle du chef d'orchestre étant d'obtenir une coopération efficace et harmonieuse entre tous les musiciens, fonction de la partition (du projet) choisie » (MORET & MAZEAU, 2013).

Avant d'aborder plus spécifiquement les liens entre les fonctions exécutives et la dyslexie, nous nous attarderons sur la description des fonctions exécutives. Nous détaillerons la flexibilité mentale et l'inhibition cognitive, plus pertinentes dans notre étude.

2.1 Généralités

Les fonctions exécutives sont des fonctions spécifiquement humaines, complexes et transversales. Elles contrôlent le fonctionnement cognitif. Nous vous en proposons une description théorique et anatomique.

2.1.1 Définitions

Nous définirons le concept de fonctions exécutives, puis nous introduirons les notions de mémoire de travail et d'attention. Parce qu'elles constituent une instance dynamique, au service de l'ensemble de la pensée, de la cognition et des apprentissages, les fonctions exécutives entretiennent des liens très étroits avec la mémoire de travail et l'attention (MORET & MAZEAU, 2013).

2.1.1.1 Les fonctions exécutives

Les fonctions exécutives se définissent 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 (GODEFROY, Frontal syndrom and disorders

of executive functions, 2003). Elles permettent de répondre de façon flexible à l'environnement et d'engager des pensées ou des actions dirigées vers un but (LEON-CARRION, GARCIA-ORZA, & PEREZ-SANTAMARIA, 2004). 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 & MAZEAU, 2013).

Les données actuelles de la littérature ne permettent pas d'obtenir un consensus quant au nombre ou la nature exacte de ces fonctions mais elles ont permis de mettre en exergue des processus tels que l'inhibition, la flexibilité cognitive, à qui nous consacrons notre étude, et la planification d'une action (COLETTE, 2004).

La planification est l'organisation temporelle d'une succession d'étapes nécessaires pour arriver à un but. Cette habileté suppose l'anticipation du but et des étapes à effectuer pour l'atteindre, tout en tenant compte des différentes contraintes qui peuvent se présenter. Un gestionnaire de conflit sous-tendu par des mécanismes d'inhibition gère ces contraintes par une programmation hiérarchisée des étapes (MORET & MAZEAU, 2013).

Seron, Van Der Linden et Andres (1999) décrivent un « *ensemble de processus dont le rôle principal est de faciliter l'adaptation du sujet à des situations nouvelles, notamment lorsque les routines d'action (ou schémas d'actions), c'est-à-dire des habiletés cognitives surappries, ne peuvent suffire* » (MONETTE & BIGRAS, 2008). Souvent associés au terme de « syndrome frontal », il est aujourd'hui plus pertinent de parler de trouble dysexécutif pour évoquer les troubles des fonctions exécutives. En effet, depuis l'observation anatomo-clinique de Phineas Gage par Harlow en 1868 (GIL, 2010), différentes études cliniques ont été menées et les techniques d'imagerie cérébrale, développées et mises au service de l'observation du fonctionnement exécutif, ont permis de mettre en évidence l'implication de différentes régions cérébrales dans ces processus cognitifs, notamment les régions frontales. Le terme de *fonctions exécutives* rassemble la plupart des fonctions régies par le lobe frontal. Cette zone cérébrale est donc chargée du contrôle de la mise en œuvre d'actions (*executive cognitive control*) initié par des processus d'anticipation, de planification, d'inhibition et de flexibilité (GIL, 2010).

Certaines zones du cortex préfrontal, considéré comme le siège anatomo-fonctionnel des fonctions exécutives, sont communes avec des fonctionnements mnésiques et attentionnels.

2.1.1.2 La mémoire de travail

La mémoire de travail (MDT) est une composante cognitive à caractère dynamique. Elle est chargée de maintenir en mémoire et de manipuler, simultanément, des éléments arrivés en mémoire. La MDT présente plusieurs caractéristiques fonctionnelles :

- C'est une mémoire dite *transitoire*. Elle ne peut conserver des éléments en mémoire qu'1 à 2 secondes.
- Sa capacité de stockage est *limitée*. Elle ne peut conserver et manipuler qu'un nombre limité d'éléments : 7 ± 2 à l'âge adulte.
- Sa fonction de mise à jour permet de « la vider » et de « la remplir ».

La MDT est organisée selon le schéma décrit par Baddeley en 1995 (MORET & MAZEAU, 2013). L'administrateur central est une composante exécutive dédiée à la gestion de deux principaux sous-systèmes « esclaves ». L'un traite les informations auditivo-verbales et linguistiques, la boucle phonologique, et l'autre traite les informations visuelles et spatiales, il s'agit du calepin visuo-spatial (**Figure 7**).

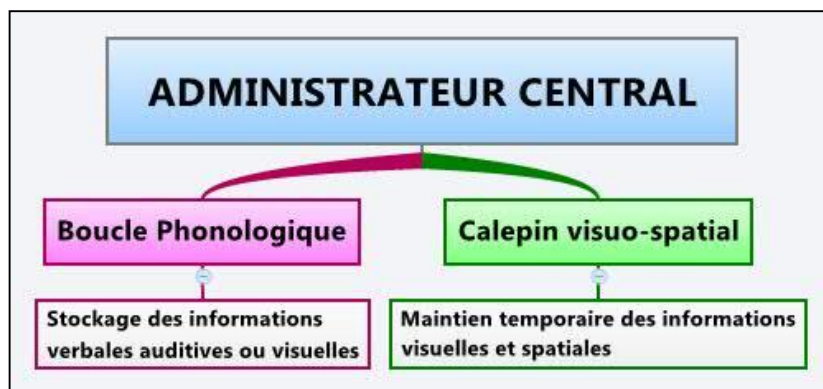


Figure 7 : La mémoire de travail d'après Baddeley, 1995 in MORET & MAZEAU, 2013.

2.1.1.3 L'attention

L'attention n'est pas une fonction unitaire. Selon Godefroy et al. (2001), l'attention regroupe un ensemble de phénomènes de régulation qui permettent d'atteindre des performances cognitives de rapidité ou de précision. Différents types d'attention sont distinguables : l'alerte, l'attention soutenue, l'attention sélective et l'attention divisée. Van

Zomerén et Brouwer (1994) distinguent l'aspect sélectif de l'attention, comprenant l'attention focalisée et l'attention divisée, de l'aspect intensif de l'attention, comprenant l'alerte et l'attention soutenue. En outre, selon son origine, nous admettons deux types d'attention : l'attention exogène, provoquée par l'environnement, et l'attention endogène, liée et contrôlée par l'activité du sujet.

L'attention est considérée comme une fonction indépendante qui dispose de son propre système exécutif (le système attentionnel de supervision) contrôlant la sélection d'éléments pertinents et l'activation de mécanismes neurocognitifs de gestion attentionnelle. Dans le cadre de notre étude axée sur les troubles du langage écrit, l'attention se définit comme un mécanisme qui permet au sujet d'arrêter de passer sans cesse d'un centre d'intérêt à un autre pour se stabiliser (LACHAUX, 2011). Nous pouvons identifier deux types d'attention en fonction du matériel traité : l'attention auditivo-verbale et l'attention visuo-spatiale.

2.1.2 Anatomie

Les fonctions exécutives sont principalement rattachées au développement des **régions frontales**, considérées comme leur siège anatomo-fonctionnel.

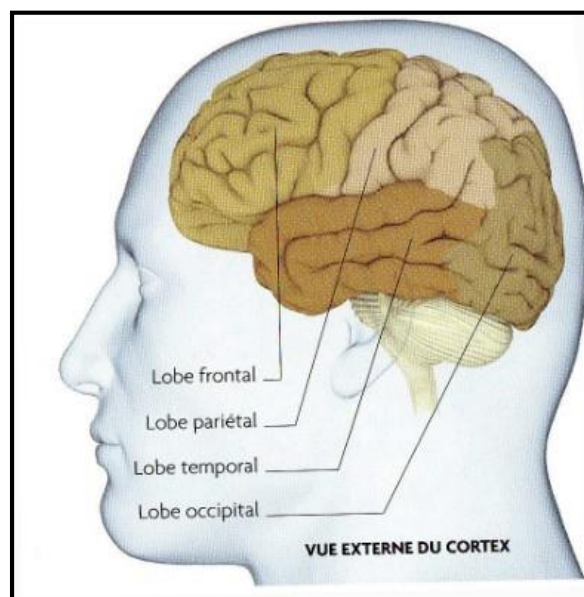


Figure 8 : Les lobes cérébraux (Le Grand Larousse du Cerveau, 2011).

L'ontogénèse rapporte qu'il s'agit des **dernières structures cérébrales à se développer**, jusqu'au début de l'âge adulte (ROY, 2007). 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...) (ANDERSON, 2002). 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 & LEMOINE, 2002).

Les lobes frontaux (**Figures 8 et 9**) sont situés en avant de la scissure de Rolando et au-dessus de celle de Sylvius (ROY, 2007).

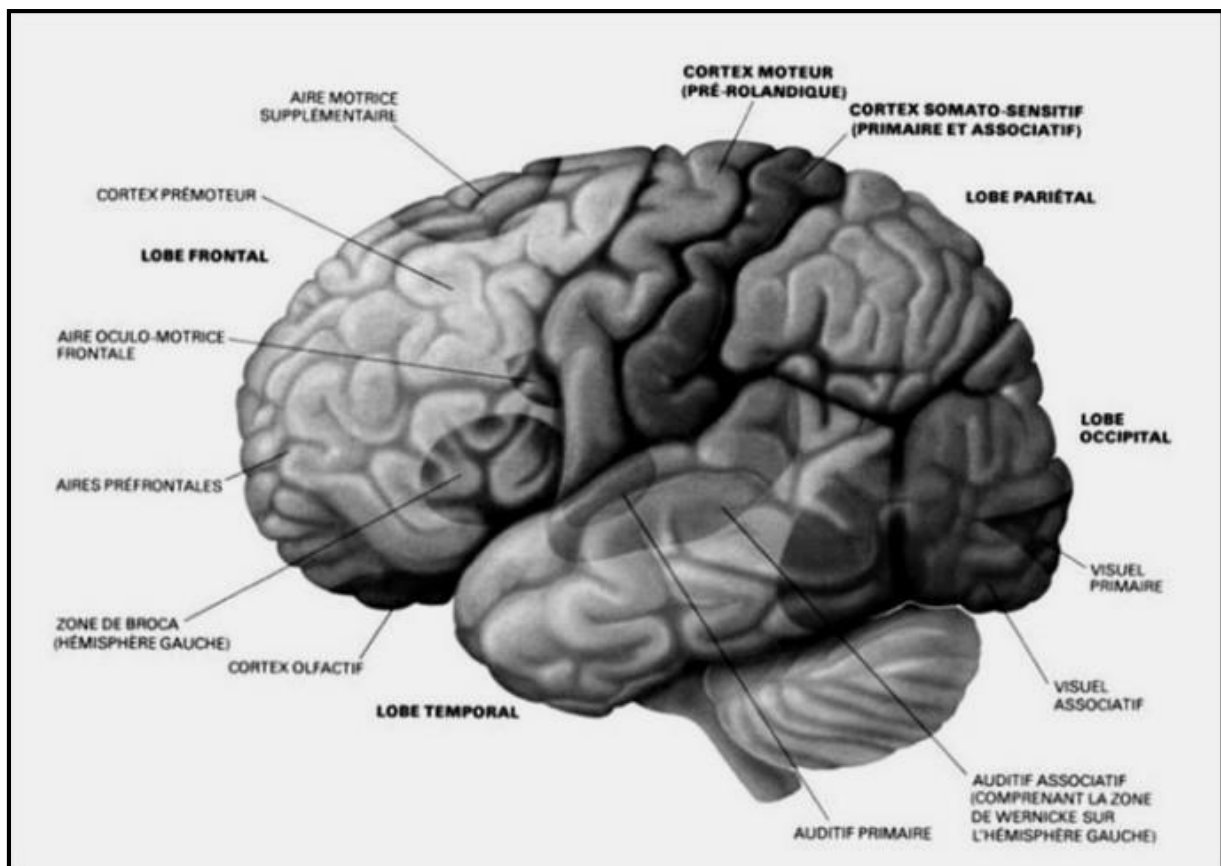


Figure 9 : Représentation schématique du cortex cérébral de l'homme (SANS, 2009).

Ils sont divisés en 3 régions (**Figure 10**) :

- Le *cortex moteur primaire* : organisé selon l'homonculus, il détermine la motricité volontaire.
- Le *cortex pré-moteur* : il comprend une aire motrice supplémentaire. Il permet une programmation motrice élaborée.

- Le *cortex pré-frontal* : il comprend l'aire oculomotrice, les aires de Broca et trois autres parties : la partie dorsolatérale, la partie orbitaire et la partie interne.

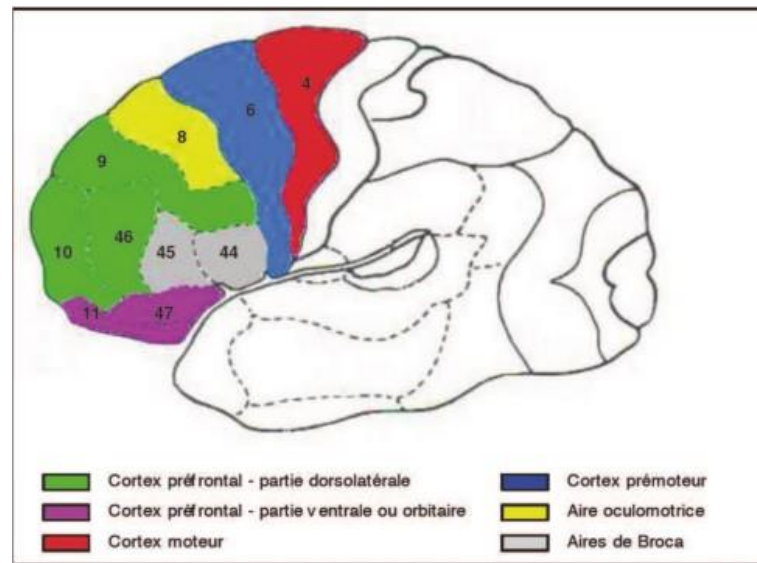


Figure 10 : Représentation des différentes zones du lobe frontal à partir des aires citoarchitectoniques de Brodman (ROY, 2007).

Le cortex préfrontal est relié au reste du fonctionnement cérébral par de nombreux circuits corticaux et sous-corticaux qui permettent aux informations de transiter de manière réciproque. Le cortex préfrontal entretient des connexions avec l'hippocampe, l'amygdale, le thalamus, l'hypothalamus et avec le cortex limbique. Il se comporte ainsi comme une interface entre la cognition et les émotions (GIL, 2010). Il est également impliqué dans les processus mnésiques par l'intermédiaire du système limbique ainsi que dans les processus attentionnels par le thalamus.

Ces fonctions couvrent un certain nombre de processus cognitifs, l'inhibition, la flexibilité, la mise à jour de la mémoire de travail, l'attention ou encore la planification, qui font l'objet de nombreux modèles théoriques.

Les recherches menées jusqu'à présent se réfèrent, d'une part, à des modèles exécutifs qui comprennent un régisseur central dont dépendent plusieurs processus (BADDELEY, 1998), comme c'est le cas de la mémoire de travail, et d'autre part, à l'observation de Miyake et al. (2000), détaillée par la suite, qui met en avant l'existence de mécanismes communs aux fonctions exécutives.

2.1.3 Modèles théoriques

Il existe de nombreuses modélisations des fonctions exécutives et du fonctionnement du lobe frontal, nous présenterons ici celles qui nous semblent les plus pertinentes pour notre étude : deux modèles issus de théories neuroanatomiques et deux modèles issus de théories cognitives.

2.1.3.1 Modèles neuroanatomiques

Il existe de nombreux modèles descriptifs du fonctionnement du lobe frontal. Nous avons choisi d'en présenter deux, le modèle de Luria de 1970 parce qu'il a été l'un des premiers à évoquer ce fonctionnement, et le modèle plus récent de Fuster de 1997. En 1970, Luria propose d'isoler trois sous-unités du lobe frontal auxquels seraient reliés des mécanismes spécifiques : un lieu d'organisation des actions (région prémotrice), un lieu de confrontation entre les informations internes et environnementales (région dorso-latérale) et un lieu de maintien d'une activité (région médio-basale). En 1997, Fuster propose un modèle pensé comme un lieu de stockage de la représentation d'une information qui guiderait l'action en cours jusqu'à sa réalisation. La structuration temporelle que suppose ce modèle est donc tributaire des objectifs engagés et de leur maintien.

2.1.3.2 Modèles cognitifs

Bien que les recherches menées autour de l'exploration du fonctionnement exécutif s'accordent sur la localisation cérébrale préfrontale des fonctions exécutives, différentes modélisations ont été pensées afin de comprendre leur fonctionnement et les mécanismes qui les régissent.

2.1.3.2.1 Modèles de Norman et Shallice

Cette modélisation (**Figure 11**) postule que la **réalisation d'une tâche est assurée par des schémas d'actions particuliers qui correspondent à des routines d'actions habituelles ou sur-apprises :**

- Lors d'une **situation routinière**, plusieurs schémas d'actions correspondant à l'ensemble de procédures automatisées sont activés. Les plus appropriés sont ensuite sélectionnés par le gestionnaire de conflits.
- En **situation nouvelle**, le *système superviseur attentionnel*, composante de gestion des conflits cognitifs qui permet de sélectionner des éléments pertinents et de gérer les mécanismes neurocognitifs de gestion attentionnelle, intervient lorsqu'aucun schéma d'action ne peut être activé. La situation est analysée, les buts sont définis et un plan

d'action est élaboré. La tâche va pouvoir être exécutée. Ce processus reste néanmoins cognitivement coûteux et limité (GODEFROY, Frontal syndrom and disorders of executive functions, 2003).

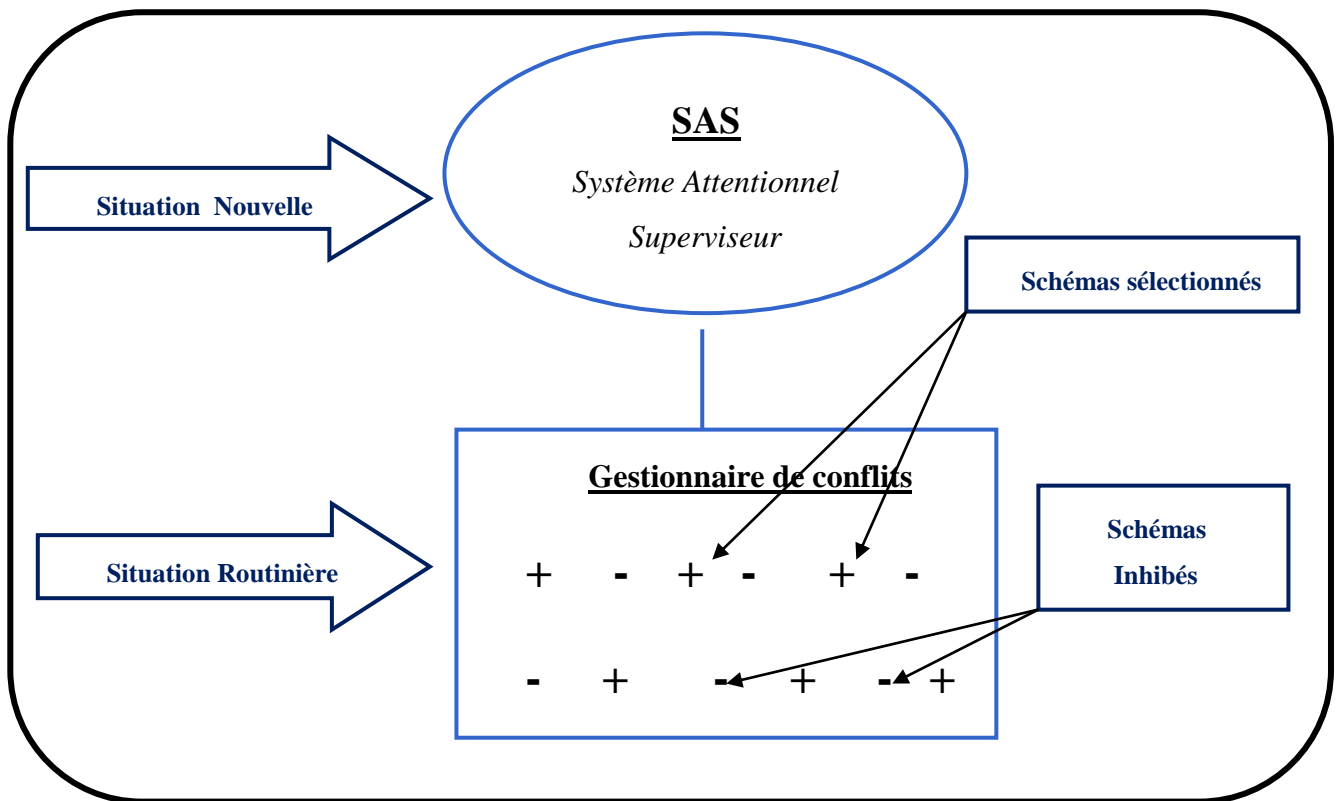


Figure 11 : Les systèmes de contrôle attentionnel de Noman et Shallice, d'après Seron et al. 1999

2.1.3.2.2 Modèle de Miyake

Miyake et ses collaborateurs (2000) ont cherché à déterminer si les fonctions exécutives pouvaient être envisagées comme des processus unitaires, dépendants ou non d'un même mécanisme sous-jacent. Ils ont proposé à une population de 137 sujets différentes tâches cognitives permettant d'évaluer trois types de processus :

- la **mise à jour** grâce à une épreuve de mémoire de lettres,
- la **flexibilité** grâce à une épreuve de + 1 et de - 1 à partir de chiffres,
- l'**inhibition de réponses prédominantes** grâce à une tâche de Stroop qui évalue la capacité d'inhibition de réponses automatiques par la mesure de la disposition à une interférence.

Les résultats obtenus à l'issue de leur étude mettent en avant l'indépendance de ces trois processus bien que des relations communes apparaissent entre eux. A partir de ces résultats, ces **trois fonctions exécutives spécifiques** partageant des **processus communs** sont mises en avant.

Cependant, les corrélations restant modérées, une unicité de ces fonctions est tout de même suggérée. Deux hypothèses sont alors mises en avant pour expliquer cette modération :

- L'implication de la mémoire de travail présente dans l'ensemble des tâches proposées.
- La participation de l'inhibition dans la réalisation des trois tâches proposées parce qu'elles mobiliseraient des processus conjoints.

Dans le cadre de notre étude, nous avons décidé de retenir l'inhibition cognitive et la flexibilité mentale parce qu'elles ont fait l'objet d'études mettant en avant l'implication de ces deux fonctions dans l'activité de lecture (ALTEIMER, 2008). La mise à jour ne l'a pas été. C'est en effet une composante davantage reliée à la mémoire de travail (MORET & MAZEAU, 2013).

2.1.4 Rééducation des fonctions exécutives

Le concept de « **remédiation cognitive** » est issu de la neuropsychologie : il *désigne* « une activité où l'on apprend à être attentif, à résoudre des problèmes, à traiter rapidement l'information et à mieux se remémorer » (MEDALIA & CHOI, 2009). Cette remédiation est basée sur des exercices constituant un entraînement des fonctions cognitives. Initialement développée dans le cadre des prises en charge des patients atteints de pathologies acquises (traumatismes crâniens entre autres), ce concept a pu être adapté dans le cadre de pathologies développementales à l'instar des troubles des apprentissages (MAZEAU, 2005). Il s'appuie sur la notion de **plasticité cérébrale** qui est un mécanisme permettant la réorganisation architecturale et fonctionnelle de l'encéphale (ANDERSON, WINOCUR, & PALMER, 2003).

Selon Lussier et Flessas (2009) la réorganisation des fonctions suit deux types de processus différents :

- Processus de bas en haut, *bottom-up strategy*, qui ont donné lieu au développement de modes d'intervention directs désignés sous le terme « d'approches spécifiques au domaine » d'après la théorie voulant que l'**activation répétée augmente la capacité fonctionnelle et facilite la réorganisation** corticale par entraînements intensifs et

répétitifs des mécanismes de bas-niveau supposés agir sur les processus de haut-niveau (LUSSIER & FLESSAS, 2009).

- Processus de haut en bas, *top-down strategy*, qui sont associés aux méthodes de remédiation cognitive ou métacognitive davantage axées sur la prise de conscience des déficits et le développement des capacités d'autorégulation. Ils visent à **activer des fonctions cognitives supérieures pour agir sur des systèmes inférieurs** (LUSSIER & FLESSAS, 2009).

Parmi les tâches proposées dans le cadre de cette remédiation, nous trouvons : des exercices visant à stimuler l'inhibition des réponses automatiques, des exercices où sont données des consignes multiples, des exercices où il est demandé d'exécuter des consignes contraires et d'autres mêlant des processus attentionnels, la mémoire de travail et les fonctions exécutives.

Si certaines interventions privilégient l'une ou l'autre des deux stratégies précédentes, des auteurs mettent en avant les bénéfices d'une stratégie combinant les deux (LUSSIER & FLESSAS, 2009).

2.2 Inhibition cognitive et flexibilité mentale

Ces mécanismes sont considérés comme fondamentaux dans la mesure où ils **supervisent et contrôlent toutes les activités intellectuelles**, et non pas seulement l'attention et la mémoire de travail (MORET & MAZEAU, 2013).

Il existe une fonction exécutive *centrale*. Il s'agit de **l'inhibition**. Elle est en effet l'un des piliers à partir duquel vont se développer toutes les autres fonctions exécutives (ALTEIMER, 2008).

Après avoir défini l'inhibition et la flexibilité, nous donnerons quelques éléments concernant le développement de ces fonctions chez les enfants.

2.2.1 Définitions de l'inhibition cognitive et de la flexibilité mentale

2.2.1.1 L'inhibition cognitive

« Le développement cognitif ne devrait pas être seulement conçu comme l'acquisition progressive de connaissances, mais comme relevant aussi d'une capacité d'inhibition des réactions qui entravent l'expression des connaissances déjà présentes », Oliver Houdé, 2004 cité par (MORET & MAZEAU, 2013).

L'inhibition est un processus qui permet la **suppression d'informations et de schémas d'actions évoqués automatiquement** alors qu'ils ne sont pas pertinents dans la situation en cours, afin de sélectionner d'autres réponses secondaires et plus appropriées à une situation précise (ANDRES & LINDEN, 2004). Ces réponses doivent donc être inhibées. Cette capacité d'inhibition s'avère tout à fait nécessaire et courante et concerne différents domaines dépendants de la cognition tels que les apprentissages ou les activités quotidiennes. Penser, réfléchir, décider sont autant d'actions qui admettent l'activation de données correctes, mais aussi le freinage de celles qui ne sont pas adaptées. Il s'agit d' *« ouvrir les bons tiroirs, mais aussi (et surtout ?) fermer ceux qui ne sont pas actuellement appropriés (pour l'action en cours) »* (MORET & MAZEAU, 2013).

L'inhibition est un **mécanisme exécutif général et permanent** de régulation cognitive. Il est **coûteux** et entraîne un **ralentissement** et une **fatigue** cognitive. De plus, il implique un circuit cérébral et neuronal spécifique (MORET & MAZEAU, 2013).

Les opérations mentales quotidiennes, ainsi que les apprentissages, ne supposent pas seulement une accumulation de connaissances, mais **requièrent des processus de sélection, de tri et donc d'inhibition** de toutes celles qui ne seraient pas pertinentes. En effet, les différentes tâches advenant dans le langage oral ou écrit (parler, argumenter, suivre une conversation...) nécessitent des activations automatiques (de mots, de concepts) dont l'ensemble des composants proches du réseau phonologique, sémantique ou morphologique d'une occurrence donnée doit être inhibé afin de parvenir à une sélection pertinente.

2.2.1.2 La flexibilité mentale

La **flexibilité mentale** renvoie à la **capacité de contrôle de l'attention sur ce qui est pertinent et à la déplacer** si nécessaire. Elle permet de générer une variété d'idées et d'émettre différentes alternatives. C'est une fonction indispensable en réponse à des situations nouvelles. Un sujet s'adapte d'autant plus aux changements que ses capacités de flexibilité sont performantes (CLEMENT, 2006).

Deux **types de flexibilité** sont mis en exergue par Elsinger et Grattam en 1993 (CLEMENT, 2007) :

- la **flexibilité réactive**, permettant un changement de comportement en fonction des modifications extérieures.
- la **flexibilité spontanée**, permettant de produire des réponses variées dans un contexte qui ne nécessite pas de modifications.

Cette qualité de la souplesse mentale est inévitablement **indissociable de l'inhibition** (MORET & MAZEAU, 2013).

2.2.2 Développement

Les fonctions exécutives vont se développer très tôt dans l'enfance et ce jusqu'à l'adolescence (MORET & MAZEAU, 2013). L'ensemble de ces capacités évolue progressivement dans le temps. La maturation cérébrale, liée à la myélinisation des neurones, aux modifications, aux sélections et à l'efficacité des connexions neuronales (MORET & MAZEAU, 2013), ainsi que les échanges avec l'environnement et les diverses contraintes sociales ou scolaires vont participer à cette évolution. Le stade de maturité pleine est atteint

aux alentours de 16 ans. Cependant, nous pouvons observer des différences dans l'installation et le développement de ces fonctions.

L'inhibition est une des premières fonctions à apparaître dans le développement de l'enfant, vers 3 ou 4 ans et suit une longue évolution. On lui octroie la spécificité de fonction primaire. C'est un pilier fondamental dans le développement cognitif à partir duquel toutes les autres fonctions vont se développer et être régies. L'inhibition connaît une **trajectoire** de développement **stable et progressive** du CP jusqu'à la 6^{ème} (ALTEIMER, 2008). Cette capacité devient plus performante avec l'âge ainsi qu'avec la maturation cérébrale (MORET & MAZEAU, 2013).

Le développement de la **flexibilité cognitive** s'effectue **par paliers**. Un premier pic se situe autour de la période préscolaire entre 4 et 5 ans et un second entre 7 et 8 ans (ROY, 2007). Les habiletés de flexibilité connaissent une diminution des performances à partir du milieu des classes élémentaires et jusqu'en classe de 6^{ème} (ALTEIMER, 2008). Cette même diminution est observée pour la dénomination rapide alternée, qui permet de réaliser des tâches de dénomination alternée entre différents stimuli, implique dans son fonctionnement un mécanisme de flexibilité cognitive (ALTEIMER, 2008).

A retenir dans le cadre de notre étude :

Les fonctions exécutives sont décrites comme un ensemble de fonctions cognitives supérieures qui sont sollicitées lors de situations nouvelles, non-routinières, conflictuelles ou lorsqu'une tâche nécessite un processus de réalisation plus complexe.

Un certain nombre de processus exécutifs ont été identifiés, dont deux sont essentiels dans le traitement du langage écrit : l'inhibition cognitive et la flexibilité mentale.

Selon Miyake (2000), les fonctions exécutives font appel à des processus complexes présentant une cohérence de fonctionnement qui ne permettent cependant pas toujours d'analyser la spécificité de leurs actions.

2.3 Fonctions exécutives et apprentissages

Le terme de fonctions exécutives, introduit par Luria à la fin des années 1960 renvoie à des capacités de régulation des fonctions mentales, comme nous venons de l'exposer. Ces fonctions permettent de s'adapter à des situations nouvelles, de développer des stratégies, de faire des choix ou encore de prendre des décisions, et tout cela de manière automatisée. Dans la plupart des études récentes, les chercheurs s'appuient majoritairement sur le modèle de Miyake (2000), et donc sur l'interaction entre trois processus communs mais néanmoins distinguables : la mise à jour, la flexibilité mentale et l'inhibition cognitive.

De nombreuses études s'accordent sur des corrélations entre certaines **fonctions exécutives, l'inhibition cognitive et de la flexibilité mentale, et le développement du langage écrit et des mécanismes de lecture** (ALTEIMER, 2008).

A l'instar de l'attention et de la mémoire, **les processus exécutifs sont fortement impliqués dans les mécanismes d'apprentissage**. Les fonctions exécutives se développent progressivement de la petite enfance jusqu'à l'adolescence, et donc en parallèle des apprentissages (ALTEIMER, 2008).

Les composantes attentionnelles et les fonctions exécutives sont pleinement impliquées dans l'ensemble des processus d'acquisition et d'apprentissage chez l'enfant (MAZEAU, 2005). Les fonctions exécutives supervisent toutes les activités cognitives et déterminent pour chacune d'elles un niveau d'efficacité (MAZEAU, 2008). Alors indispensables dans la vie quotidienne, elles le sont indéniablement pour toutes les formes d'apprentissages, notamment scolaires. Elles sont **requises dans les compétences mnésiques, linguistiques, practo-gnosiques**, et dans le **raisonnement**.

Après avoir établi un parallèle entre les fonctions exécutives et le langage écrit, nous nous attarderons sur le lien entre les fonctions exécutives et la dyslexie, puis nous concluons sur l'intérêt d'une prise en charge de ces fonctions chez les enfants dyslexiques.

2.3.1 Parallèle entre le développement des fonctions exécutives et du langage écrit

Chez les normolecteurs, des études ont démontré une forte corrélation entre le développement du langage écrit et les mécanismes qui régissent l'inhibition et la dénomination rapide alternée. D'après Boulc'h (2007), les fonctions exécutives semblent guider les processus d'apprentissage de la lecture, notamment dans les tâches de décodage grapho-phonémique. L'inhibition et la flexibilité entrent en jeu, au cours d'une tâche de lecture, pour éliminer les informations non pertinentes durant la récupération et le traitement des éléments phonologiques. Elles permettent de passer rapidement de lettre en lettre, de mot en mot, et d'arriver à assembler le mot (ALTEIMER, 2008).

Lorsque la phase d'apprentissage est terminée, les fonctions exécutives permettent alors de rendre l'activité de lecture plus efficace et automatisée. Mais il faut prendre en compte des différences et variations individuelles qui sont notamment susceptibles d'influencer le développement de la fluence en lecture et de le soutenir.

Dans une analyse longitudinale (ALTEIMER, 2008), le développement de trois facultés cognitives (flexibilité, inhibition, dénomination rapide alternée) apparaît corrélé avec des résultats scolaires obtenus par des enfants de CM1. Cela semble apporter, malgré des variations individuelles, la confirmation de leur intrication dans l'apprentissage et le développement du langage écrit.

2.3.2 Fonctions exécutives, lecture et dyslexie

De récentes études se sont notamment intéressées à l'implication des fonctions exécutives dans le traitement du langage écrit (BOULC'H, GAUX, & BOUJON, 2007) et aux compétences exécutives des enfants atteints de dyslexie (MENGHINI, et al., 2010). De plus, ALTEIMER (2008) ajoute, au travers de la notion de dénomination rapide, un lien entre les mécanismes de lecture d'une part, et l'inhibition et la flexibilité d'autre part.

Ainsi, nous étudierons dans un premier temps les mécanismes exécutifs impliqués dans la lecture, puis nous tenterons de comprendre les faiblesses exécutives auxquelles sont confrontées les enfants dyslexiques. Enfin, nous aborderons la notion de dénomination rapide automatisée qui semble lier étroitement la lecture et les fonctions exécutives.

2.3.2.1 Implication des mécanismes exécutifs dans la lecture

Tout d'abord, une étude comparative de Boulc'h, Gaux et Boujon (2007) explore l'implication des fonctions exécutives dans le décodage en lecture entre les normolecteurs et les faibles lecteurs de CE2. Elle met en avant un **coût des traitements exécutifs pénalisant pour les faibles lecteurs**, et plus spécifiquement dans les processus de décodage. Le contrôle exécutif, jouant un rôle dans les difficultés de lecture, peut être très critique à différents niveaux des traitements en lecture, notamment dans les procédures d'identification des mots qui mobilisent fortement la composante exécutive de la mémoire de travail. De plus, Brosnan (2002) et Menghini (2010) ont mis en évidence, chez les sujets dyslexiques, de faibles performances quant au passage d'une lecture globale du mot à un décodage grapho-phonologique, relevant donc d'un déficit d'inhibition. En effet, lors de la présentation d'un mot à un sujet dyslexique, un déficit d'inhibition peut empêcher le lecteur, qui utilise une stratégie compensatrice de reconnaissance globale des mots, d'utiliser une procédure de découpage et décodage phonologique. Cette fonction d'inhibition soutiendrait alors le traitement des informations phonologiques et le traitement alphabétique, nécessaires au cours de l'activité de lecture. La fonction d'inhibition permet de passer d'un graphème à un autre, d'un phonème à un autre et d'un mot à l'autre en supprimant les informations non pertinentes pour sélectionner rapidement les bonnes (ALTEIMER, 2008).

Au début de l'apprentissage, ces processus sont lents, peu ou pas automatisés et très coûteux cognitivement. Cependant, l'automatisation est capitale dans le développement des compétences scolaires. Elle permet d'induire des réponses rapides et efficaces lors de situations itératives (BOUJON, GAUX, GREFF, & IRALDE, 2004). Dans la dyslexie, les capacités d'automatisation, d'identification et de décodage des mots sont déficitaires. Le niveau d'automatisation dans une tâche de lecture tient alors un rôle important. En effet, le sujet doit inhiber des informations non pertinentes. Ce déficit d'automatisation se retrouverait dans un enchaînement de sélections et d'inhibitions. Or, les processus inhibiteurs encouragent l'encodage des informations (MARTIN & NOLIN, 2009).

Cependant, l'étude d'Alteimer (2008) n'aboutit pas à de probants résultats concernant l'implication de la flexibilité mentale et de l'inhibition cognitive dans la compréhension de la langue écrite. Les fonctions exécutives qui régissent cette activité seraient alors différentes et d'un niveau supérieur.

En 2008, Alteimer émet alors l'hypothèse de l'existence de deux niveaux de compétences cognitives dans le traitement du langage écrit. **Les compétences élémentaires**

comme le décodage et l'orthographe seraient régies par des processus d'inhibition et de flexibilité, alors que les compétences qualifiées de haut niveau, comme l'est la compréhension parce qu'elle nécessite des mises en place de stratégies, seraient sous-tendues par des processus à haut niveau de représentation, c'est-à-dire la planification et la résolution de problèmes (Figure 12).

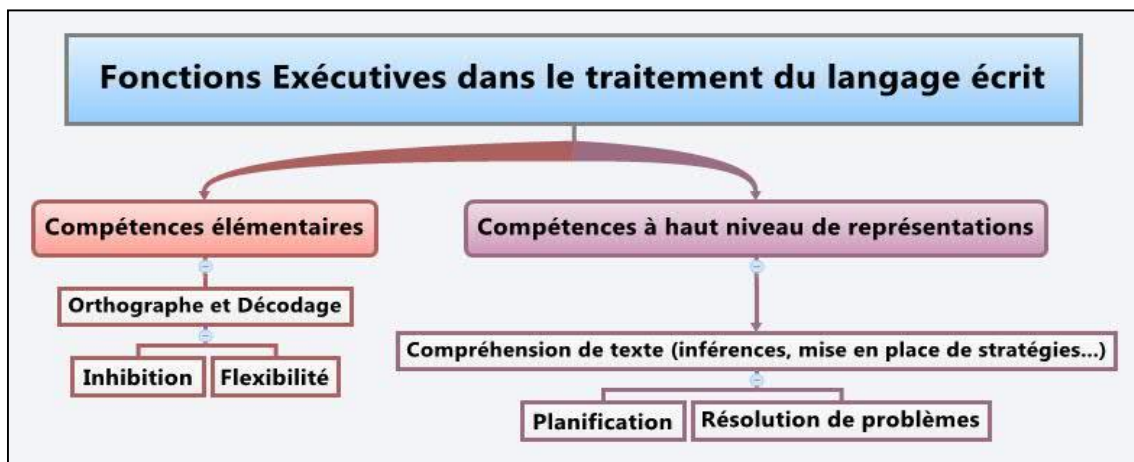


Figure 12 : Les fonctions exécutives dans le traitement du langage écrit d'après Alteimer, 2008.

2.3.2.2 Faiblesse des fonctions exécutives dans la dyslexie

Alors que les fonctions exécutives ne sont pas directement ou systématiquement impliquées dans les diagnostics de dyslexie, leur intégrité et leur fonctionnalité sont indispensables à la réalisation de nombreuses tâches aussi bien dans le système scolaire que dans la vie quotidienne. Parmi les troubles neuropsychologiques fréquemment associés à la dyslexie, des arguments en faveur d'un dysfonctionnement exécutif ont été rapportés, notamment sur les tâches d'inhibition et de flexibilité mentale (ALTEIMER, 2008).

Dans la dyslexie, Alteimer (2008) observe des difficultés dans les tâches d'organisation et d'automatisation. Les performances des enfants dyslexiques dans les épreuves d'inhibition et de flexibilité sont nettement plus faibles que chez les enfants normolecteurs. Ils ont également tendance à avancer des réponses automatiques, témoignant alors un déficit de mise en place de stratégies exécutives. L'atteinte de ces fonctions chez un enfant présentant des difficultés dans l'apprentissage de la lecture sera un handicap supplémentaire à la compensation de son trouble et à l'acquisition des nouveaux apprentissages (THIBAUT & PITROU, 2012).

Dans un premier temps, les recherches de Condor et al. (1995), Mati-Zissi et al. (1998) et de Reiter et al. (2005) avaient déjà pointé des déficits exécutifs dans la dyslexie : réduction des capacités de fluence (flexibilité) et de stratégie catégorielles, déficit du contrôle de planification. Cette étude a également démontré des déficits dans le raisonnement abstrait et dans l'aptitude à adapter une stratégie cognitive en fonction des modifications de l'environnement, en plus de déficits d'inhibition d'informations. Puis, l'étude de Menghini et al. (2010) a investigué et confirmé le rôle de certaines fonctions neurocognitives spécifiques dans la dyslexie développementale. Il s'agit principalement de la flexibilité et de l'inhibition. L'étude souligne que **la dyslexie est un déficit multifactoriel qui suggère que les dysfonctionnements du développement neurocognitif ne se limitent pas aux seules aires cérébrales du langage**, mais impliquent un **système cortical multifocal**, dont le **cortex frontal**, siège anatomo-fonctionnel des fonctions exécutives.

2.3.2.3 La notion de dénomination rapide

La capacité à dénommer rapidement et automatiquement semble être un facteur important dans le développement de la lecture (O'Connor et Jerkins, 1999, cités par Ecalle et Magnan, 2010). De même, il est possible que la dimension liée à la rapidité de traitement d'une information soit associée à la dyslexie (CASALIS, LELOUP, & PARRIAUD, 2013).

L'évaluation repose sur la dénomination rapide d'une série de stimuli présentés visuellement et répartis sur un tableau. Il s'agit souvent d'objets, de couleurs, de chiffres et de lettres. Dans le test de Dénomination Rapide Automatisée de Plaza et Robert-Jahier (2006), une épreuve de dénomination alternée (RAS : Rapid Automatic Switching) est proposée. Tous les stimuli (lettres, couleurs, chiffres, objets) sont présentés sur un même tableau. Cette modalité rajoute une composante exécutive à l'épreuve dans la mesure où elle fait appel à la capacité de flexibilité mentale (ALTEIMER, 2008).

D'après Kirly et al. (2000) cités par Casalis, Leloup et Parriaud (2013), les performances obtenues aux épreuves de dénomination rapide constituent un facteur de prédiction significatif des compétences en lecture. Aussi, les habiletés de conscience phonémique et de dénomination rapide des faibles lecteurs ont été étudiées et apparaissent corrélées à leurs faibles compétences dans l'identification des mots (Meyer et al., 1998, cités par Casalis, Leloup et Parriaud, 2013).

Des études qui se sont penchées sur le lien entre la dénomination rapide et la lecture ont permis de mettre en avant la lenteur des sujets dyslexiques dans ces tâches. Des difficultés d'automatisation de l'alternance, entre l'activation d'une information et l'inhibition d'une

autre, justifierait une lenteur de traitement dans la dyslexie (PLAZA & RAYNAUD, 2007). Cette habileté permet désormais d'apprécier un bon niveau de lecture (CASTEL, PECH-GEORGEL, GEORGE, & ZIEGLER, 2008). Elle est utilisée dans le cadre de l'évaluation de la lecture (PLAZA & ROBERT-JAHIER, DRA : Test de dénomination rapide pour enfants, 2006).

Aussi, Castel (2008) évalue le lien entre la dénomination rapide et la lecture chez les enfants dyslexiques. Elle a pu mettre en exergue la forte présence d'un déficit en dénomination rapide chez ces enfants dans le cas où les items à dénommer étaient présentés en même temps. Cela suggère que le rôle d'automatisation est important quand l'enfant doit inhiber des informations pour sélectionner la plus pertinente. Or, les mécanismes d'automatisation et d'inhibition, qui ont un caractère exécutif, sont essentiels pour accéder à une lecture fonctionnelle.

2.3.3 Conclusions

Ces études inscrivent les troubles d'apprentissage de la lecture et leur évaluation dans un cadre plus global. En 2008, Alteimer soulève que des stratégies de métacognition utilisées en remédiation cognitive et proposées à des enfants dyslexiques influencent positivement leurs résultats aux épreuves d'évaluations scolaires. Ces stratégies permettent d'engendrer un questionnement et une prise de conscience sur ce que nous apprenons. Un appui spécifiquement exécutif ne serait donc pas anodin dans l'implication de ces fonctions dans le langage écrit.

La spécificité des troubles dysexécutifs dans la dyslexie justifierait alors un bilan neuropsychologique afin de ne pas méconnaître leur impact négatif sur la scolarité et de proposer des stratégies de remédiations adaptées, en parallèle avec une rééducation orthophonique axée sur le traitement du langage. Il convient alors de travailler sur les fonctionnements qui sous-tendent le développement du langage écrit dont les fonctions exécutives, et plus particulièrement celles qui impliquent des traitements de bas niveau du langage écrit (décodage phonologique), afin de les renforcer, avant de passer à des fonctionnements d'un niveau plus supérieur : la flexibilité mentale et l'inhibition cognitive.

A retenir dans le cadre de notre étude :

Parce que les fonctions exécutives se développent de la petite enfance jusqu'à l'adolescence, elles se retrouvent fortement impliquées dans les apprentissages, y compris celui de la lecture (ALTEIMER, 2008).

Lorsque la phase d'apprentissage de la lecture est terminée, les fonctions exécutives permettent son automatisation : les processus d'inhibition sont alors mis en jeu pour éliminer les informations non pertinentes et permettre de passer rapidement d'une lettre à une autre et d'un mot à un autre (ALTEIMER, 2008). Etroitement liée à l'inhibition, la flexibilité permet l'automatisation de l'alternance entre l'activation d'une information et l'inhibition d'une autre, et donc une plus grande fluence en lecture. Or, dans la dyslexie, la lecture n'est pas automatisée.

De récentes études s'accordent sur l'existence de corrélations entre des fonctions exécutives identifiées, l'inhibition cognitive et la flexibilité mentale, et le développement du langage écrit et des mécanismes de lecture, notamment le traitement des mots écrits (ALTEIMER, 2008 ; BOULC'H, GAUX, & BOUJON, 2007).

En 2010, Menghini met en évidence, chez les dyslexiques, des dysfonctionnements impliquant le cortex frontal, siège des fonctions exécutives.

Ainsi, ces mises en évidence semblent ouvrir de nouvelles perspectives dans le champ de la prise en charge des sujets dyslexiques.

PARTIE

PRACTIQUE

3 Matériel et méthode

3.1 Objectifs de l'étude

Dans notre étude, nous proposons d'évaluer l'impact d'un entraînement des fonctions exécutives sur les difficultés en lecture rencontrées par les enfants dyslexiques.

Partant du postulat qu'une stimulation fréquente de la flexibilité et de l'inhibition serait susceptible d'améliorer les compétences dans le décodage phonologique et la vitesse de lecture, nous avons proposé une remédiation de ces fonctions à des enfants dyslexiques de CM2.

Une évaluation du langage écrit et des fonctions exécutives a été proposée avant et après la stimulation afin de pouvoir comparer les résultats et mettre en évidence éventuel lien entre les fonctions exécutives et le langage écrit.

Dans un souci de pertinence, nous avons fait le choix de mettre en place deux groupes pour notre étude. Un groupe expérimental qui a bénéficié de la stimulation et un groupe témoin.

3.2 Choix et recrutement des participants

3.2.1 Présentation générale

Le recrutement de notre population a été effectué auprès d'orthophonistes exerçant en cabinet libéral. Cette population compte 8 enfants dyslexiques, en classe de CM2, suivis en rééducation orthophonique depuis au moins 2 ans. Parmi eux, nous avons constitué deux groupes en tenant principalement compte de la répartition et de l'éloignement géographique :

- Un groupe expérimental constitué de 4 enfants diagnostiqués dyslexiques qui ont bénéficié de l'entraînement des fonctions exécutives.
- Un groupe témoin constitué de 4 enfants également diagnostiqués dyslexiques. Ce groupe n'a participé qu'aux bilans et n'a pas bénéficié de l'entraînement des fonctions exécutives.

Nous avons privilégié la tranche d'âge 10-11 ans afin de respecter une certaine cohérence avec les données théoriques, notamment concernant le développement des

fonctions exécutives (Inhibition : dès 3-4 ans jusqu'à 11-12 ans, Flexibilité : premier pallier entre 4 et 5 ans et deuxième palier entre 7 et 8 ans). Le délai nécessaire pour poser le diagnostic de dyslexie est respecté et l'enfant a déjà pu bénéficier d'une prise en charge pour ce trouble.

3.2.1.1 Critères d'inclusion

Nous avons pris en compte certains critères pour recruter notre population d'étude. Ces critères sont les suivants :

- Diagnostic : enfants suivis en rééducation orthophonique pour des troubles d'apprentissage de la lecture.
- Age : enfants âgés de 10-11 ans.
- Niveau scolaire : enfants en classe CM2, scolarisés en milieu ordinaire en Aquitaine.
- Rééducation orthophonique : enfants suivis en rééducation orthophonique dans le cadre d'une dyslexie, diagnostiquée par les orthophonistes grâce aux scores obtenus à des tests de lecture étalonnés et validés.

3.2.1.2 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion suivants ont été retenus afin de limiter les biais dans notre étude :

- Retard mental
- Trouble psychiatrique
- Autisme
- TDA/H

3.2.2 Présentation des participants

Les objectifs et modalités de l'expérimentation ont été exposés par écrit et oralement aux parents, aux enfants ainsi qu'aux orthophonistes qui les prennent en charge. Parents et enfants ont été conviés à signer une attestation témoignant leur accord et leur engagement dans cette expérimentation (**Annexe I**). Un accord moral de coopération a également été engagé auprès des orthophonistes qui suivent les enfants des deux groupes (**Annexe II**).

3.2.2.1 Présentation générale

Les patients ont été recrutés au cours de l'hiver 2013, dans toute l'Aquitaine. Notre population est composée des patients suivants (**Tableau 2**) :

<u>COMPOSITION DE NOTRE POPULATION D'ETUDE</u>				
<u>Population témoin</u>				
Nombre d'enfants	Genre	Classe	Moyenne d'âge au Bilan Initial	Moyenne d'âge au bilan Final
4	2 Filles 2 Garçons	CM2	10 ans 7	11 ans
<u>Population expérimentale</u>				
Nombre d'enfants	Genre	Classe	Moyenne d'âge au Bilan Initial	Moyenne d'âge au bilan Final
4	1 Fille 3 Garçons	CM2	10 ans 8	11 ans 1

Tableau 2 : Données générales des patients

3.3 Déroutement de l'expérimentation

3.3.1 Les différentes étapes de notre expérimentation

Dans un premier temps, nous avons procédé au recrutement de notre population d'étude afin de constituer un groupe expérimental et un groupe témoin. Nous avons pu obtenir deux échantillons de 4 patients chacun.

Ensuite, nous avons rencontré les patients entre février et mars 2013 pour effectuer un premier bilan de lecture et des fonctions exécutives. Puis, les patients constituant le groupe expérimental ont bénéficié d'un entraînement des fonctions exécutives, et plus spécifiquement de l'inhibition et de la flexibilité, pendant 2 mois ½ à raison de deux séances hebdomadaires de 15 minutes.

A l'issue de cette prise en charge, l'ensemble de notre population d'étude (témoin et expérimentale) fin juin et début juillet 2013 afin de procéder de nouveau aux bilans de lecture et des fonctions exécutives.

A la suite de cette expérimentation, nous avons recueilli les résultats obtenus par tous les participants afin de mesurer l'effet de notre prise en charge sur la lecture, et plus précisément sur le décodage des mots et la vitesse en lecture.

3.3.2 Bilans

3.3.2.1 Présentation

Les bilans initiaux ont été réalisés individuellement, entre février et mars 2013, au cabinet de l'orthophoniste qui suit l'enfant ou le plus souvent au domicile des patients avec l'accord des parents et de l'enfant. La passation complète a duré entre 1h et 1h30 et a été effectuée en une seule fois.

3.3.2.2 Outils

Avant et après la mise en place d'une prise en charge spécifique de la flexibilité et de l'inhibition, nous avons proposé aux patients une évaluation de lecture et une évaluation des fonctions exécutives. Nous avons également ajouté une évaluation de la dénomination rapide automatisée. Le déroulement de la passation des bilans finaux a été identique.

3.3.2.2.1 Bilan de lecture

Les épreuves constituant notre évaluation de lecture ont été choisies en cohérence avec les données théoriques précédemment exposées. En effet, nous avons principalement proposé des épreuves de lecture de mots isolés et de vitesse en lecture. Afin de vérifier l'hypothèse émise sur l'implication de fonctions exécutives spécifiques dans la compréhension par Alteimer en 2008, nous avons souhaité ajouter une épreuve de compréhension écrite.

Nous avons donc choisi différents subtests dans trois tests étalonnés fréquemment utilisés par les orthophonistes (**Annexe III**).

- BALE Batterie Analytique du Langage Ecrit (JACQUIER-ROUX, LEQUETTE, POUGET, VALDOIS, & ZORMAN, 2010) :

La BALE permet d'évaluer les compétences en langage écrit des élèves du CE1 au CM2. C'est un outil complet permettant une analyse fine et chiffrée des troubles du langage écrit. Cette batterie comporte 40 subtests couvrant les fonctions langagières et cognitives dont le langage oral, la lecture, l'orthographe, les capacités mnésiques, phonologiques et les traitements visuels. Elle a été fondée selon les modèles cognitifs du langage oral et du langage écrit. Elle analyse ainsi les deux voies de lecture, phonologique et lexicale, ainsi que les fonctions cognitives qui y participent. Pour les besoins de notre étude, nous avons utilisé les subtests suivants :

- *Lecture de mots fréquents, peu fréquents et de pseudomots* : **estimation de l'efficacité des procédures de lecture et/ou confirmation d'un déficit en lecture.**
 - *Lecture phonologique et conversion graphème-phonème* : **évaluation spécifique de la procédure analytique de lecture.**
 - *Lecture de lettres* : **évaluation de l'identification visuelle** des lettres.
- Vitesse en lecture (KHOMSI, PASQUET, NANTY, & PARBEAU-GUENO, 2005) :

Ce test permet une évaluation de la vitesse de lecture au travers de l'appréciation de la qualité des **stratégies phono-alphabétiques** et des **connaissances orthographiques disponibles**, lors d'une tâche de lecture de mots fortement contrainte par le temps. L'enfant dispose de la feuille de passation sous ses yeux. Il doit lire dans sa tête les mots, ligne par

ligne et barrer ceux qui sont mal écrits, le plus rapidement possible, puisque cette épreuve est chronométrée (temps de passation 2 minutes). L'épreuve comporte différents types d'items ainsi définis :

- Des items C (correct), correspondant aux mots correctement orthographiés. Leur fonction essentielle est celle de distracteur. Ils peuvent indirectement servir d'indice de l'étendue du vocabulaire disponible chez l'enfant.
- Des items PLE (pseudo-logatomes écrits) correspondant à des mots ayant subi une perturbation graphique par ajout, suppression ou encore substitution de lettres.
- Des items HP (homophones graphiques), correspondant à des mots orthographiquement inacceptables, mais qui, après une procédure de recodage graphème-phonème sont oralement acceptables. Cela permet d'apprécier le niveau d'utilisation des connaissances orthographiques en lecture de mots.

A l'issue de cette épreuve, nous obtenons une note de vitesse en lecture (VL) qui correspond au nombre de traitements corrects effectués proportionnellement au nombre de mots lus en deux minutes. Il s'agit des mots correctement barrés corrélativement au nombre de mots lus.

- LMC-R (KHOMSI, 1995) :

Nous avons choisi l'épreuve de *compréhension en lecture* de phrases. Cette épreuve consiste à choisir une image sur une planche de quatre, à partir d'un énoncé proposé. Deux types d'énoncés sont proposés : les énoncés imageables, pour lesquels le choix de l'image correspondante repose sur des compétences morphosyntaxiques minimales et les énoncés inférentiels, pour lesquels le choix de l'image correspondante requiert des connaissances morphosyntaxiques complexes permettant l'accès à l'inférence. A l'issue de cette épreuve, nous obtenons deux données : une note de compréhension initiale et une note de compréhension globale. La note de compréhension initiale (CI) indique le niveau de compréhension atteint avec une seule présentation des énoncés sans aide proposée par un deuxième essai. La note de compréhension globale (CG) correspond à la somme des 1ères et 2èmes présentations des items imageables et des 1ères et de 2èmes présentations des items inférentiels. Il s'agit donc d'une note de compréhension globale obtenue après correction.

3.3.2.2 Dénomination Rapide Automatisée

- DRA, Test de Dénomination Rapide pour Enfants (PLAZA & ROBERT-JAHIER, 2006) :

Cet outil d'évaluation informatisé permet d'apprécier les compétences de dénomination rapide des enfants. Il a été conçu pour être utilisé avec des enfants de la grande section de maternelle au CM2. Il comprend 5 planches de 4 stimuli chacune. Nous trouvons les subtests suivants : dessins, chiffres, lettres, couleurs, dénomination alternée (**Figure 13**). Sur une même planche, 4 stimuli se répètent 12 fois de façon aléatoire. Les conditions de passation sont simples et rapides. Il faut compter 5 à 10 minutes selon les enfants. Les résultats sont automatiquement donnés en écart-type par le logiciel. Ils sont également visualisables sous forme d'histogrammes.

■	🐕	7	C	■	9
2	■	📦	1	B	■
■	♥	■	A	9	U
A	B	7	🍸	📦	1
U	■	2	🐕	■	7
♥	■	1	C	2	📦
B	9	A	🐕	■	♥
🍸	1	■	U	■	B

Figure 13 : Dénomination rapide alternée (PLAZA & ROBERT-JAHIER, DRA : Test de dénomination rapide pour enfants, 2006).

3.3.2.2.3 Bilan des fonctions exécutives

Afin d'apprécier les processus exécutifs de nos patients, nous avons choisi d'utiliser l'épreuve d'inhibition de la NEPSY (KORMAN, KIRK, & KEMP, 2012) pour évaluer les processus d'inhibition cognitive et le TEA-Ch (MANLY, ROBERTSON, ANDERSON, & MIMMO-SMITH, 2004) pour les processus de flexibilité mentale.

Evaluation des processus d'inhibition cognitive

NEPSY II Bilan neuropsychologique de l'enfant (KORMAN, KIRK, & KEMP, 2012)_

Pour les besoins de notre étude, nous avons choisi l'épreuve *d'inhibition*. Ce subtest chronométré a pour but de mesurer la capacité à inhiber des réponses automatiques afin de donner de nouvelles réponses et la capacité de passer d'un type de réponse à un autre. L'enfant regarde une série de formes ou de flèches, noires et blanches, et nomme soit la forme, soit la direction, soit une réponse alternative selon la couleur.

La NEPSY fournit trois types de notes « standard » : les notes étalonnées, les notes étalonnées composites et les notes étalonnées de comparaison. Les notes étalonnées représentent les performances de l'enfant par rapport à celles des enfants de son âge. Ces notes permettent une uniformisation des comparaisons entre les différents subtests de la batterie. Les notes étalonnées composites combinent deux notes étalonnées d'un même subtest.

Evaluation des processus de flexibilité mentale

TEA-Ch Test of Everyday Attention for Children (MANLY, ROBERTSON, ANDERSON, & MIMMO-SMITH, 2004) :

Nous avons choisi pour notre étude deux subtests de cette batterie pour leur spécificité d'évaluation de la flexibilité mentale : *Les petits hommes verts* et les *Mondes contraires*.

« Les petits hommes verts » : Ce subtest permet d'évaluer les capacités de flexibilité. L'enfant doit, à plusieurs reprises, passer d'un comptage à l'endroit à un comptage à rebours. Il doit compter, sur le livret de test, des petits hommes verts dans un souterrain, avec de temps à autre, des flèches indiquant qu'ils doivent changer le sens de comptage. La notation est la suivante :

- Note I : Total de réponses correctes
- Note J : Total des items corrects
- Note K : Nombre total de changements de sens des items corrects
- Note L : J/K note de temps pour les Petits hommes verts.

« Mondes contraires » : Cette épreuve permet d'évaluer la flexibilité et l'inhibition de réponses automatiques. Une page sur laquelle est dessiné un parcours de cases contenant des 1 et des 2 est présentée à l'enfant. Deux conditions vont se succéder. Dans la première, « Monde à l'endroit », l'enfant lit normalement 1 ou 2. Dans la deuxième, « Monde à l'envers », il doit dire « un » quand il voit 2, et « deux » quand il voit 1. C'est la vitesse à laquelle l'enfant parvient à terminer chacun des parcours qui est mesurée. Le temps nécessaire

pour réaliser la deuxième condition constitue un indicateur de la flexibilité cognitive. La notation est la suivante :

- Note Z : Somme de temps pour les deux items 1 et 4 « Monde à l'endroit »
- Note AA : Somme des temps pour les deux items 2 et 3 « Monde à l'envers ».

3.3.3 Programme d'entraînement des fonctions exécutives

3.3.3.1 Objectifs

Notre protocole de rééducation a pour objectif de proposer un entraînement spécifique des fonctions d'inhibition cognitive et de flexibilité mentale chez des enfants en classe de CM2 ayant un trouble d'apprentissage spécifique de la lecture. Peu d'aides externes ont été proposées afin de permettre aux enfants de mettre en place leurs propres stratégies.

3.3.3.2 Cadre de la prise en charge

Les séances de rééducation, individuelles, assurées par l'étudiante seule, se sont déroulées au cabinet de l'orthophoniste quand les disponibilités le permettaient, et le plus souvent, au domicile du patient. Nous avons réparti 16 séances, étalées sur 8 semaines de mars à avril 2013, à raison de 2 séances hebdomadaires de 15 minutes chacune. Les exercices ont été choisis en fonction des domaines à travailler (flexibilité mentale, inhibition cognitive ou les deux), en limitant au maximum le matériel langagier afin de ne pas mettre en échec de lecture des enfants qui sont déjà en grande difficulté. Le but était de travailler les fonctions exécutives le plus isolément possible.

Nous avons privilégié l'unité dans ce programme. Tous les enfants participant au protocole ont reçu exactement les mêmes séances, contenant les mêmes exercices, à la même fréquence. Les deux séances hebdomadaires contenaient les mêmes exercices mais lors de la deuxième, des contraintes étaient ajoutées : augmentation de la rapidité d'exécution de l'activité, augmentation de la difficulté d'une tâche. Les conditions générales de cette étude ont rendu possible une régularité satisfaisante des séances, nous ne relevons qu'une seule absence.

Même si peu d'aides ont été fournies au patient en situation d'hésitation ou d'échec, quelques indices ont été proposés : « Réfléchis bien, comment pourrais-tu faire? A quoi dois-tu faire attention ? ». De même, la bienveillance de l'intervenant a été sollicitée afin

d'engendrer un renforcement positif encourageant pour l'enfant, lui permettant de poursuivre ses efforts en mettant en place des stratégies.

3.3.3.3 Outils utilisés

Notre programme exploite des tâches déjà existantes et d'autres inspirées ou adaptées de matériels déjà existants.

3.3.3.3.1 Les supports utilisés

- **Jeux au carrefour du langage et des fonctions exécutives** (CELERIER, Cit'Inspir) : Ce livre contient une centaine d'activités croisant les **processus linguistiques et les processus exécutifs**. Nous avons principalement utilisés ceux qui proposaient une stimulation de l'inhibition et de la flexibilité.
- **Attention et mémoire** (BOUCHET & BOUTARD, Ortho Edition) : Ce matériel propose plus de 200 exercices de stimulation de l'**attention**, de la **mémoire de travail** et des **fonctions exécutives**. Nous avons principalement choisi les activités intitulées *Contraires, Autre couleur, Autre mot* et *Ronds et carrés* qui nous ont semblé plus pertinentes pour la stimulation de l'inhibition et de la flexibilité. Les supports ont été utilisés tels quels ou bien adaptés (sous forme de cartes, de planches de dénomination...).
- **Attention et exploration visuelles** (LENOBLE & PEDETTI, Ortho Edition) : Ce manuel propose plus de 400 exercices permettant de travailler l'**attention**, la **mémoire** ainsi que les stratégies d'**exploration visuelle**. Ce sont les exercices de *Codes* qui nous ont intéressés dans cet ouvrage. Ce type d'activité fait en effet appel aux processus de flexibilité mentale.
- **Jeux à la carte** (BORNEC & COUILLET, Ortho Edition) Ce matériel est destiné au travail des stratégies de **répartition des ressources** attentionnelles et **exécutives**. Composé de deux jeux, *Bleu comme une tomate* et *Axome*, il permet de proposer une grande variabilité de règles que l'on peut également créer en fonction de l'aspect travaillé. Nous n'avons utilisé que le jeu *Axome* qui ne met pas en jeu de processus de lecture de mots.
- **Activation des fonctions exécutives** (CORNU-LEYRIT & MILORD) : Ce manuel contient des exercices permettant de travailler les différentes **fonctions cognitives** dont les **fonctions exécutives**.

Nous avons également utilisé des supports de **jeux de cartes**. Le plus souvent, les consignes ont été modifiées ou adaptées en fonction du domaine travaillé et de l'effet recherché :

- **SET** (1991) : Ce jeu est constitué de cartes sur lesquelles figurent différentes formes, couleurs, quantités et natures de remplissages. Il propose d'effectuer **différents classements selon les critères**. Pour travailler avec ce matériel, nous avons distribué 6 cartes à chaque joueur, le reste servant de pioche. Puis nous avons proposé aux enfants un dé numéroté de 0 à 2 permettant, à chaque tour, de décider du nombre de critères communs avec la carte posée au centre. Chacun leur tour, les joueurs doivent se débarrasser de leurs cartes, les critères variant en permanence.
- **Speed** (STAUPE, 1995) : Ce jeu permet de travailler la **flexibilité mentale et l'inhibition**. Il est composé de 60 cartes sur lesquelles figurent des dessins différents selon des critères de couleur, de forme et de quantité. L'ensemble des cartes est réparti entre tous les joueurs. Le but du jeu consiste à se débarrasser le plus vite possible de ses cartes en posant une carte qui possède au moins un critère commun avec celle du milieu. Les critères changent donc à chaque fois qu'une nouvelle carte est posée.
- **Bazar Bizarre** (ZEIMET, 2010) : Bazar Bizarre est un jeu qui permet de travailler la **flexibilité mentale**. Il contient 60 cartes et 5 pièces en bois (une souris grise, un fauteuil rouge, une bouteille verte, un livre bleu et un fantôme blanc). Les objets sont disposés en cercle au centre de la table et les cartes forment, face cachée, une pile. Les cartes sont retournées une par une. Les joueurs doivent attraper le plus vite possible le bon objet. Pour cela deux règles sont imposées : soit l'objet représenté sur la carte doit être de la même couleur que la pièce en bois (exemple : une souris grise) ; soit aucun objet représenté sur la carte n'est de la bonne couleur et il faut attraper celui qui n'a aucun point commun (exemple : une souris rouge et une bouteille blanche, il faut donc attraper le livre bleu). L'enchaînement du jeu nécessite donc des capacités de flexibilité mentale et d'inhibition.

3.3.3.2 Supports créés

A partir des supports que nous avons utilisés pour construire notre programme d'entraînement, nous nous sommes inspirés de certaines activités que nous avons adaptées pour les proposer aux enfants :

- « *Ronds et carrés* » : planche de dénomination sur le principe de l'inhibition des réponses automatiques.
- « *Les petites coccinelles* » : cartes représentant des petites coccinelles à compter avec des contraintes de changement de sens du comptage.
- « *Autre couleur* » : cartes représentant des objets dont la couleur fait partie de leur propriété (ex : une banane jaune)
- « *Dénomination rapide* » : cartes représentant différents objets, formes, couleurs, lettres et chiffres.
- « *Classement* » : Jeu de classement de cartes selon différents critères
- « *Alternance* » : Exercice d'alternance chiffres/animaux

3.3.3.3 Description des tâches proposées

Comme l'a décrit Miyake en 2000, les fonctions exécutives sont fortement intriquées les unes aux autres. Les tâches proposées font très souvent appel simultanément aux processus d'inhibition et de flexibilité.

Inhibition des réponses automatiques : Cet exercice permet un travail spécifique de l'inhibition. Il s'agit de demander au patient de répondre de façon inverse au stimulus présenté. On peut par exemple demander de dire « carré bleu » quand il s'agit d'un rond rouge ou bien « rond bleu » quand il s'agit d'un carré rouge. Cette tâche constitue un entraînement à donner une réponse correcte à un stimulus cible et à inhiber des réponses automatiques inadéquates. Les exercices « autre mot » ou « autre couleur » demandent également la mise en place des mêmes processus.

Les consignes multiples : Ce type de tâche permet de travailler simultanément la flexibilité et l'inhibition. Le matériel Axome (Jeux à la carte), très facilement adaptable, permet de proposer différentes consignes au cours d'un même jeu : donner le nom d'une autre couleur lorsque qu'une forme d'une couleur est présentée à l'enfant ou bien donner le nom d'une autre forme lorsqu'une croix noire est présentée. Le jeu Bazar Bizarre, cité précédemment, fonctionne sur ce même principe de consignes multiples. Pour ce type d'épreuve, nous avons proposé un support visuel représentant symboliquement les consignes afin que les enfants puissent s'y référer sans surcharger la mémoire de travail.

Exercices type TMT B : Ce type de tâche permet de travailler la flexibilité mentale, stimuler l'inhibition de processus automatiques et implique des stratégies d'exploration visuelle. Nous avons proposé aux patients de relier des chiffres dans l'ordre croissant de 1 à 10 en alternance avec des animaux, auparavant classés du plus petit au plus grand. Le patient doit gérer une alternance nécessitant de bonnes capacités de flexibilité.

Codes : Ce type de tâche entraîne la flexibilité et l'inhibition. Une série de cases comprenant une partie supérieure, remplie de chiffres ou de symboles, et une partie inférieure, vide, est proposée au patient. Un code permettant de connaître la correspondance chiffres-symboles (ou symboles-chiffres) accompagne la grille. Cet exercice consiste à remplir les cases inférieures en respectant le code fourni.

3.3.3.4 Description du protocole

Nous décrivons dans cette partie les contenus des séances proposées aux patients du groupe expérimental :

Séance 1 :

Consignes contraires : Nous dictons au patient une série de formes (carré ou rond) de couleur (rouge ou bleu) à dessiner. Mais il doit produire le contraire de ce qui lui est dit. Si nous lui disons « carré bleu », il doit dessiner un rond rouge.

Consignes multiples : Nous avons utilisé le matériel « Axome » pour lequel nous avons demandé au patient de nommer la forme lorsqu'un carré était représenté sur la carte, ou bien de nommer la couleur de la forme quand il voyait un triangle.

Jeu : Speed, nous avons présenté le jeu aux patients lors de cette première séance, puis nous avons diminué les aides orales.

Séance 2 :

Consignes multiples : Lors de cette séance, nous avons lu au patient une liste de noms d'animaux sans nous arrêter. Le patient devait prendre un jeton à chaque fois qu'il entendait le nom d'un animal qui vole mais qui n'est pas un oiseau.

Flexibilité : Avec le jeu SET comme support ainsi qu'un dé numéroté de 0 à 2, chaque joueur devait se débarrasser le plus vite possible de ses cartes, le dé faisant varier les critères à chaque tour.

Jeu : Bazar bizarre, nous avons diminué les aides petit à petit.

Séance 3 :

Inhibition : Nous avons proposé une activité nommée « autre couleur » grâce à un support de cartes représentant des objets dont une couleur fait partie de leur propriété (exemple : une banane jaune). Le patient devait alors nommer une couleur différente de celle qui caractérise l'objet. Afin de complexifier la tâche, il n'était pas permis de répéter la même couleur deux fois.

Consignes multiples : Avec le matériel « Axome », nous avons fait défiler les cartes devant le patient et nous lui avons demandé de nommer une fois la couleur, une fois le nom, de la forme présentée.

Jeu : Bazar bizarre

Séance 4 :

Flexibilité : Grâce à un matériel créé, reprenant le principe du TMT B, nous avons demandé aux patients de relier, en alternance, des chiffres dans l'ordre croissant et des animaux par ordre de grandeur.

Flexibilité : Aidé d'un support de cartes représentant aléatoirement des objets, des lettres, des formes et des couleurs, nous avons demandé aux patients de nommer le plus vite possible ce qu'ils voyaient sur les cartes. Afin de rajouter des contraintes à cette tâche, nous avons augmenté la rapidité de défilement des cartes.

Jeu : Speed

Séance 5 :

Inhibition : « Autre mot », nous avons lu au patient une phrase qu'il devait compléter par une réponse complètement différente de celle attendue.

Flexibilité : « Codes », nous avons proposé au patient des correspondances chiffres-symboles.

Consignes multiples : Avec le matériel « Axome », nous avons demandé au patient de nommer la couleur lorsque la carte était rouge ou verte et de ne rien dire lorsqu'elle était noire ou bleue.

Séances 6 :

Inhibition : « Autre couleur », nous avons donné oralement au patient un objet dont la couleur est caractéristique, il devait alors donner une couleur qui n'avait pas de lien avec l'objet, sans dire deux fois la même couleur.

Consignes contraires : Nous avons donné au patient une planche sur laquelle figuraient des séries de ronds et carrés bleus ou rouges, le but étant de nommer le contraire de ce que l'on voit. Un carré rouge devient un rond bleu.

Flexibilité : Avec le support créé « Les petites coccinelles », le patient devait compter les coccinelles qui apparaissaient au fur et à mesure que nous faisons défiler les cartes en tenant compte des flèches orientées vers le haut ou vers le bas qui indiquaient le sens de comptage.

Séance 7 :

Flexibilité : Codes

Flexibilité : Cartes de classement, nous avons demandé au patient de ranger les cartes selon des critères qu'il devait déduire (forme, nombre, couleur). Le jeu Speed a servi de support à cette activité.

Consignes multiples : Avec le matériel « Bleu comme une tomate », nous avons demandé au patient de nommer soit la couleur de l'encre soit de donner une autre couleur en alternance.

Séance 8 :

Inhibition : « Autre couleur » avec les cartes. Nous avons ajouté des contraintes de temps pour complexifier l'exécution de cette tâche.

Flexibilité : Avec les cartes de classement. Nous avons augmenté le rythme d'exécution de cette activité.

Flexibilité : Avec le support « Les petites coccinelles », nous avons également complexifié la tâche en ajoutant des coccinelles et en augmentant le rythme d'exécution.

Après avoir effectué les bilans et mis en place pendant 8 semaines une prise en charge de l'inhibition et de la flexibilité chez notre groupe expérimental, nous avons recueilli les données des bilans initiaux et finaux des groupes témoin et expérimental afin de comparer les scores obtenus, d'une part par le groupe témoin, et d'autre part par le groupe expérimental, pour mesurer l'efficacité de cette prise en charge sur les compétences en lecture.

4 Présentation des résultats

Dans cette partie, nous présenterons les performances des deux groupes, témoin et expérimental, avant et après la réalisation du protocole de prise en charge des fonctions exécutives pour en mesurer l'effet d'une prise en charge spécifique des fonctions exécutives.


Nous comparerons d'abord les résultats obtenus à l'issue du bilan initial par chacun des deux groupes afin de mettre en évidence l'appariement des deux groupes à T0 dans un souci de rigueur statistique. Puis, nous comparerons les performances de ces deux mêmes groupes à T1 afin de mettre en évidence l'effet apporté par la prise en charge des fonctions exécutives réalisée pour le groupe expérimental.

Les bilans initiaux (T0) ont été effectués en février 2013, les bilans finaux (T1) en juin 2013.





Dans l'objectif de proposer une étude de groupe, nous avons réalisé des moyennes d'écart-types pour chaque épreuve et pour chaque groupe, témoin et expérimental. Les scores obtenus aux épreuves de la batterie TEA-Ch (évaluation de la flexibilité), exprimés en pourcentages cumulés, n'ont pas pu être convertis en écart-types. En effet, les notes observées lors de l'étalonnage français ne permettent pas l'application d'une répartition gaussienne. Le système de pourcentages cumulés a donc été retenu.

Les tableaux et les graphiques présentés dans cette partie répertorient les résultats (exprimés en écart-types et en pourcentages cumulés) obtenus pour chaque groupe. Un tableau récapitulatif des scores bruts pour chaque épreuve et pour chaque patient sera présenté en annexe (**Annexe IV**). Nous considérons pour l'ensemble des tableaux qui vont suivre les légendes et annotations suivantes :

- Pour les tableaux :

- σ : écart-type
-  : augmentation
- NS : Non Significatif
- S : Significatif
- TS : Très significatif

- Pour les graphiques :

-  : Bilan Initial Groupe Expérimental
-  : Bilan Final Groupe Expérimental
-  : Bilan Initial Groupe Témoin
-  : Bilan Final Groupe Témoin

Afin d'analyser nos résultats, nous avons utilisé le test statistique de Student, utilisé pour les épreuves chiffrées. Il permet de **comparer les moyennes** d'écart-types des deux groupes, témoin et expérimental, et de mettre en évidence ou non la significativité de la différence entre les résultats des deux groupes. **Une valeur p (p-value) indique le degré de significativité du test réalisé. Si $p < 0,05$ alors la différence est significative, si $p < 0,01$ la différence est très significative.**

4.1 Comparaisons des bilans initiaux

Le tableau 3 présente les résultats obtenus par chacun des deux groupes à T0. Ce tableau permet de mettre en exergue la validation statistique de notre étude à son point de départ, toujours à considérer avec prudence compte-tenu de la taille de notre échantillon. Pour mémoire, notre étude comporte deux groupes de 4 patients chacun, soit 8 patients au total.

<u>T0 – Bilan initial</u>			
<u>Epreuves</u>	<u>Groupe témoin</u>	<u>Groupe expérimental</u>	<u>Différence</u>
<u>LECTURE</u>			
Décodage (BALE)	-2,01 σ	-1.92 σ	0.828 NS
Compréhension (LMC-R)	0.23 σ	-0.05 σ	0.408 NS
Vitesse en lecture (VEL)	-1.51 σ	-0.75 σ	0.057 NS
<u>DRA</u>			
Dénomination rapide (DRA)	-4.04 σ	-3.71 σ	0.820 NS
Dénomination rapide alternée (DRA)	-14.17 σ	-5.17 σ	0.005 TS
<u>FONCTIONS EXECUTIVES</u>			
Inhibition (NEPSY)	-2.20 σ	-2.10 σ	0.848 NS
Flexibilité (% cumulés) (TEA-Ch)	41%	35.94 %	0.718 NS

Tableau 3 : Comparaison des résultats à T0

Afin d'analyser les résultats de notre étude, nous nous sommes principalement intéressés aux scores obtenus aux épreuves proposées, dont nous avons effectué les moyennes, dans l'objectif de réaliser une étude de groupe.

A l'issue de ce bilan initial, nous établissons les remarques suivantes :

- En lecture, le test statistique montre une **différence non significative** entre les deux groupes pour les trois tests proposés.
- Au test DRA, l'**écart** entre les deux populations **n'est pas significatif** pour la partie dénomination rapide, mais il est très significatif pour l'épreuve de dénomination rapide alternée.

- **L'écart** observé pour chacune des épreuves d'évaluation des fonctions exécutives **n'est pas significatif.**

Hormis une épreuve de la DRA, nos deux groupes semblent donc appariés en termes de niveau de performance.

Les deux graphiques suivants illustrent ces résultats.

La figure 14 présente deux courbes correspondant aux performances de chacun des groupes aux tests cotés en écarts-types. La courbe bleue représente le groupe témoin, la courbe rose, le groupe expérimental et chaque point de la courbe indique le score obtenu à une épreuve. Ainsi, nous remarquons que pour chacun des domaines évalués, les scores sont très proches entre les deux populations. Comme nous l'avons dit précédemment, seule l'épreuve de dénomination rapide alternée présente une différence significative.

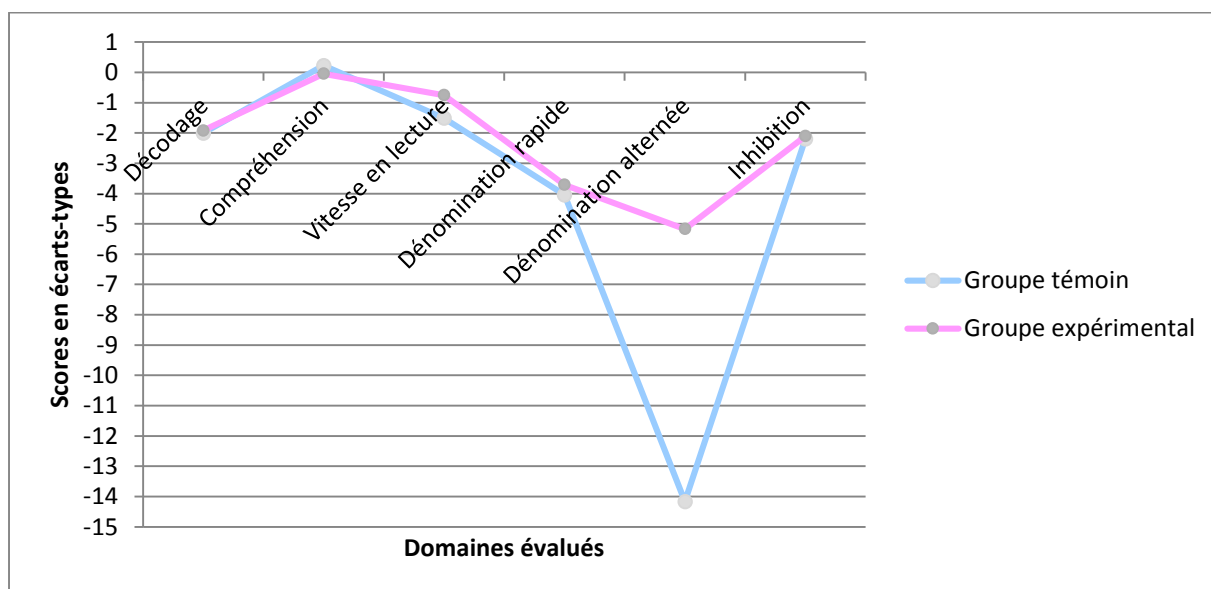


Figure 14 : Comparaison des moyennes à T0

La figure 15 permet de comparer les performances des deux groupes dans le domaine de la flexibilité. Nous rappelons que les scores sont exprimés en pourcentages cumulés et ne peuvent apparaître sur le graphique précédent, exprimé en écarts-types. Nous notons bien une différence non significative des performances entre le groupe expérimental et le groupe témoin à T0.

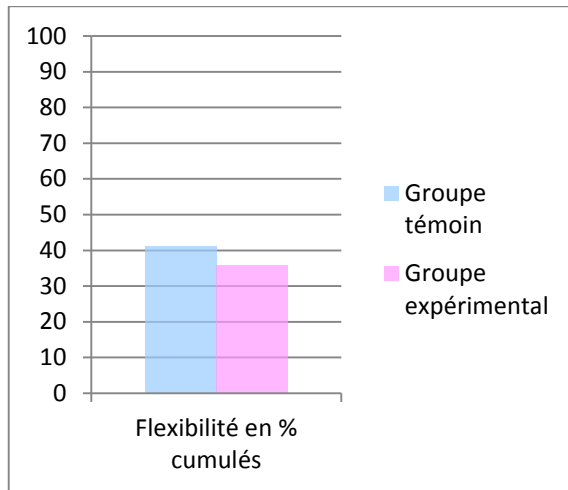


Figure 15 : Comparaison des scores de flexibilité à T0

4.2 Evolution des performances du groupe expérimental entre T0 et T1

Nous présenterons d'abord l'évolution des scores, puis les performances de temps entre T0 et T1 pour le groupe expérimental.

4.2.1 Evolution des scores du groupe expérimental

Le tableau 4 met en évidence des différences très significatives entre T0 et T1 pour la majeure partie des épreuves sauf les épreuves de vitesse en lecture et de dénomination rapide de la DRA, même si pour cette dernière le score est de $3,4\sigma$.

Epreuves		T0	T1	Evolution	Différence
<u>LECTURE</u>					
Décodage (BALE)	Score	-1.92 σ	-0.39 σ	+1,53 σ ↑	0,0005 TS
Compréhension (LMC-R)	Score	-0.04 σ	1.15 σ	+1,19 σ ↑	0,005 TS
Vitesse en lecture (VEL)	Score	-0.75 σ	-0.12 σ	+ 0,12 σ ↑	0,22 NS
<u>DRA</u>					
Dénomination rapide (DRA)	Score	-3.71 σ	-0.31 σ	+3,40 σ ↑	0,137 NS
Dénomination rapide alternée (DRA)	Score	-5.17 σ	-0.15 σ	+5,02 σ ↑	0,01 TS
<u>FONCTIONS EXECUTIVES</u>					
Inhibition (NEPSY)	Score	-2.10 σ	-0.07 σ	+2,03 σ ↑	0,01 TS
Flexibilité (TEA-Ch)	Score	35.94 %	64.94 %	+29 % ↑	0,02 TS

Tableau 4 : Evolution des performances du groupe expérimental

Nous pouvons alors faire les remarques suivantes :

- Pour l'épreuve de **décodage**, nous notons une progression très significative de + 1,53 σ des performances. En effet, le nombre d'erreurs a diminué entre le bilan initial, qui situait les performances du groupe à la limite du seuil pathologique (-1,9 σ), et le bilan final, pour lequel les scores sont dans la norme (-0,4 σ).
- Les performances de **compréhension en lecture** augmentent significativement (+ 1,19 σ).
- Le nombre d'erreurs pour l'épreuve de **dénomination rapide alternée** diminue considérablement, passant de -3,71 σ à -0,31 σ . L'augmentation de 5,02 σ observé entre T0 et T1 est très significative.

- Nous notons une progression très significative de $+2,03\sigma$ des performances exécutives du groupe expérimental dans l'épreuve d'**inhibition** qui partait d'un score inférieur au seuil pathologique ($-2,1\sigma$).
- Le nombre d'erreurs des épreuves de **flexibilité**, exprimé en pourcentages cumulés, diminue significativement à T1. Nous observons une augmentation de 29% entre les deux bilans.

En conclusion, pour le groupe expérimental, ces résultats vont donc dans le sens d'une **amélioration des capacités d'inhibition cognitive et de flexibilité mentale**. De plus, nous pouvons remarquer que, **lors du bilan final, plus aucun score ne se situe en-dessous du seuil pathologique**.

Les graphiques suivants (**Figures 16 et 17**) illustrent nos propos. Ils présentent les résultats obtenus par le groupe expérimental aux épreuves de décodage, compréhension, vitesse de lecture, dénomination rapide, d'inhibition, exprimé en écarts-types (**Figure 16**) et de flexibilité, exprimés en pourcentages cumulés (**Figure 17**) à T0 et à T1.

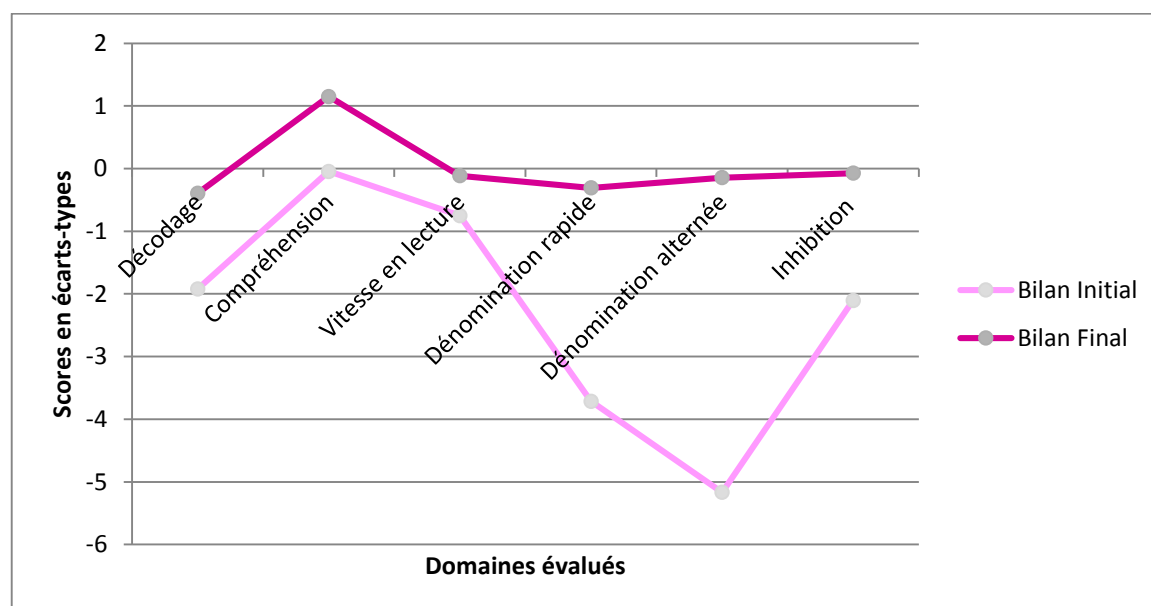


Figure 16 : Comparaison des résultats obtenus par le groupe expérimental

Nous remarquons sur la figure 16 que la courbe correspondant au bilan final se trouve significativement au-dessus de celle du bilan initial. Les scores se rapprochent de la ligne correspondant à 0 écart-type. Nous pouvons donc dire qu'**à l'issue du bilan final, l'ensemble des performances du groupe expérimental se situe dans la moyenne de sa classe d'âge**.

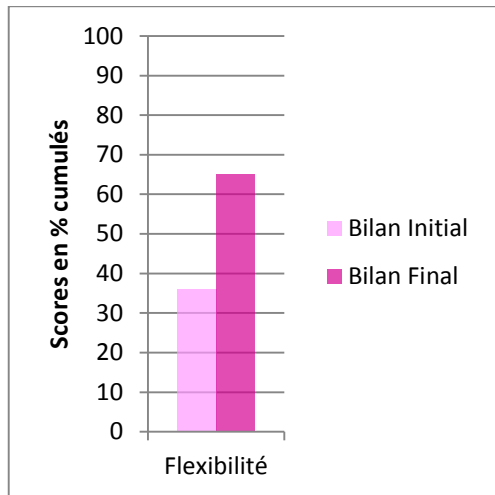


Figure 17 : Comparaison des scores de flexibilité du groupe expérimental

Nous notons également une progression significative des performances de flexibilité entre T0 et T1 (**Figure 17**) et comme pour les épreuves précédentes, elles sont dans la moyenne.

4.2.2 Evolution des performances de temps du groupe expérimental

<u>Epreuves</u>	<u>T0</u>	<u>T1</u>	<u>Evolution</u>	<u>Différence</u>
Décodage (BALE)	-0,54 σ	-0,36 σ	+0,18 σ	0,385 NS
Dénomination rapide (DRA)	-1,49 σ	-0,05 σ	+ 1,44 σ	0,183 NS
Dénomination rapide alternée (DRA)	-3,52 σ	-0,35 σ	+ 3,17 σ	0,130 NS

Tableau 5 : Evolution des performances de temps du groupe expérimental

Le tableau d'évolution des performances de temps du groupe expérimental (**Tableau 5**) ne contient pas les scores de temps des fonctions exécutives car leurs notes prennent déjà en compte le facteur du temps d'exécution. Il nous apporte les indications suivantes :

- les scores de temps d'exécution des épreuves de décodage ne sont pas pathologiques à T0 et l'écart que nous observons entre T0 et T1 n'est pas significatif.
- les scores de temps d'exécution pour les épreuves de dénomination rapide et de dénomination raide alternée sont d'un niveau inférieur à la moyenne voire pathologique à T0. Ils se normalisent à T1. Cependant, les écarts entre les scores entre T0 et T1 ne sont pas significatifs.

Nous pouvons conclure **l'absence de progression des performances de temps du groupe expérimental entre le bilan initial et le bilan final.**

4.3 Evolution des performances du groupe témoin entre T0 et T1

Comme nous l'indique le tableau d'évolution des performances du groupe témoin (Tableau 6), nous n'observons pas de progression significative des scores entre T0 et T1 sauf pour les épreuves de compréhension et d'inhibition. Alors que pour le groupe expérimental le schéma était plutôt inverse, tous les domaines avaient progressé sauf deux.

Epreuves		T0	T1	Evolution	Différence
<u>LECTURE</u>					
Décodage (BALE)	Score	-2.01 σ	-1.37 σ	+0,64 σ ↑	0,201 NS
Compréhension (LMC-R)	Score	0.23 σ	1.24 σ	+1,01 σ ↑	0,01 TS
Vitesse de lecture (VEL)	Score	-1.51 σ	-1.23 σ	+0,28 σ ↑	0,38 NS
<u>DRA</u>					
Dénomination rapide (DRA)	Score	-4.04 σ	-2.64 σ	+1,41 σ ↑	1,13 NS
Dénomination rapide alternée (DRA)	Score	-14.17 σ	-6 σ	+8,17 σ ↑	0,06 NS
<u>FONCTIONS EXECUTIVES</u>					
Inhibition (NEPSY)	Score	-2.20 σ	-0.77 σ	+1,43 σ ↑	0,01 TS
Flexibilité (TEA-Ch)	Score	41%	43.69%	+2,69 %	0,7 NS

Tableau 6 : Evolution des performances du groupe témoin

Pour le temps, la progression n'est pas significative (Tableau 7).

<u>Epreuves</u>	<u>T0</u>	<u>T1</u>	<u>Evolution</u>	<u>Différence</u>
Décodage (BALE)	-1,80 σ	-1,66 σ	+0,14 σ	0,725 NS
Dénomination rapide (DRA)	-2,03 σ	-1,20 σ	+ 0,83 σ	0,054 NS
Dénomination rapide alternée (DRA)	-2,48 σ	-1,76 σ	+ 0,72 σ	0,104 NS

Tableau 7 : Evolution des performances de temps du groupe témoin

4.4 Comparaison des performances du groupe expérimental et du groupe témoin à T1

<u>T1 – Bilan final</u>			
<u>Epreuves</u>	<u>Groupe témoin</u>	<u>Groupe expérimental</u>	<u>Différence</u>
<u>LECTURE</u>			
Décodage	-1.37 σ	-0.39 σ	0.02 S
Compréhension	1.24 σ	1.15 σ	0.844 NS
Vitesse en lecture	-1.23 σ	-0.12 σ	0.03 S
<u>DRA</u>			
Dénomination rapide	-2.64 σ	-0.31 σ	0.101 NS
Dénomination rapide alternée	-6 σ	-0.15 σ	0.173 NS
<u>FONCTIONS EXECUTIVES</u>			
Inhibition	-0.77 σ	-0.07 σ	0.216 NS
Flexibilité (% cumulés)	43.69 %	64.94 %	0.237 NS

Tableau 8 : Comparaison des résultats à T1

A l'issue du bilan final, le tableau 8 montre seulement des écarts significatifs entre les scores des deux groupes pour deux épreuves : l'épreuve de décodage et l'épreuve de

vitesse en lecture. La prise en charge des fonctions exécutives semble donc avoir eu un effet positif sur ces compétences.

De plus, comme nous l'avons dit précédemment, **les résultats du groupe expérimental se trouvent dans la moyenne pour toutes les compétences de lecture évaluées : le décodage, la compréhension et la vitesse en lecture.**

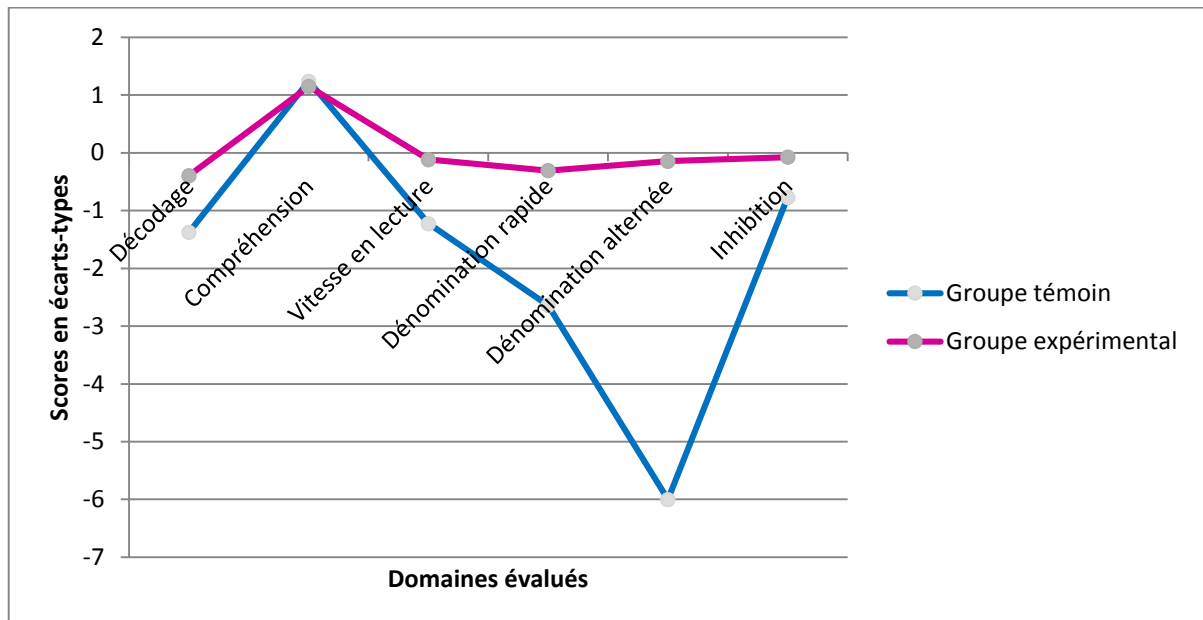


Figure 18 : Comparaison des moyennes à T1

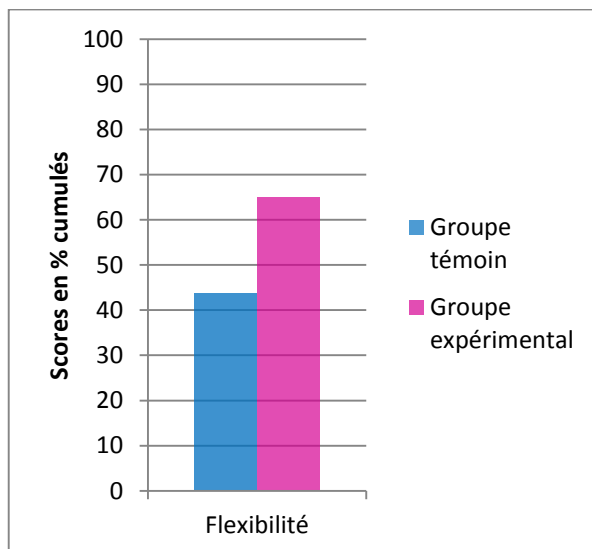


Figure 19 : Comparaison des scores de flexibilité à T1

D'après les deux graphiques précédents (**Figures 18 et 19**), nous notons que les scores obtenus par la population expérimentale sont tous supérieurs à ceux du groupe témoin sauf

celui de la compréhension (seule épreuve de lecture pour laquelle l'écart entre les deux groupes n'est pas significatif) et sont proches de 0σ .

Le graphique suivant (**Figure 20**) permet de comparer l'évolution des moyennes des deux groupes entre T0 et T1 pour les épreuves cotées en écarts-types. Les deux courbes roses correspondent au groupe expérimental et les deux courbes bleues correspondent au groupe témoin.

Nous notons que la courbe rose foncé est globalement supérieure aux trois autres courbes montrant la supériorité des scores du groupe expérimental à T1. De plus, comme nous l'avons décrit précédemment et comme le montre l'espacement des deux courbes roses, l'évolution des performances du groupe expérimental paraît plus importante que celle du groupe témoin.

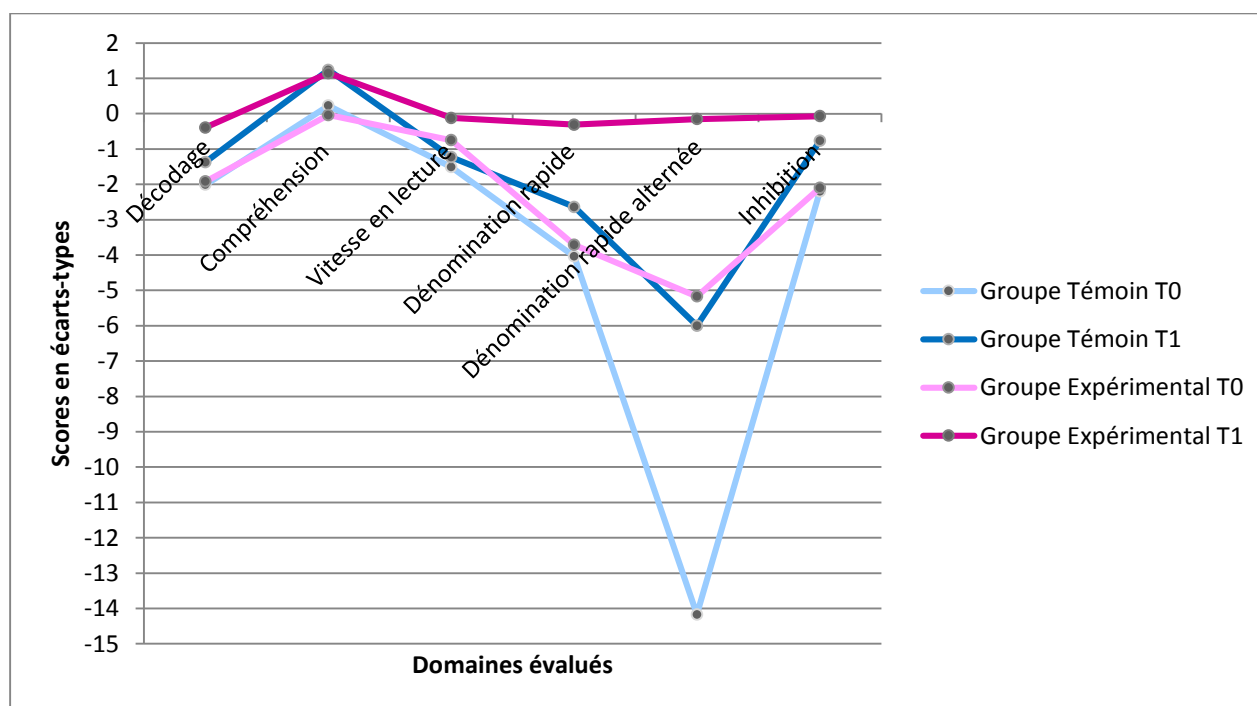


Figure 20 : Comparaison des moyennes des bilans initiaux et finaux

Il en est de même pour l'épreuve de flexibilité dont les mêmes paramètres sont visibles sur la figure 21.

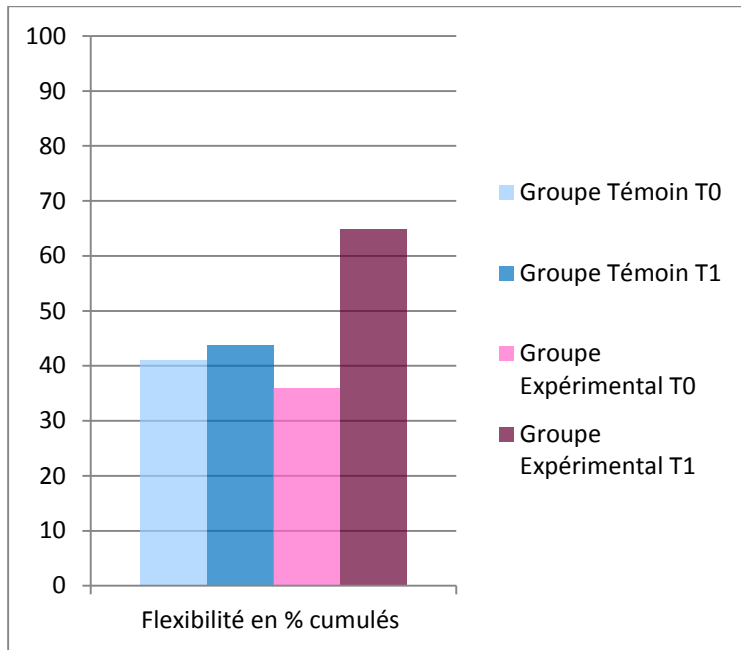


Figure 21 : Comparaison des moyennes de flexibilité à T0 et T1

Maintenant que nous avons examiné l'évolution des performances des deux groupes de notre étude, nous allons procéder à l'analyse des résultats.

Cette dernière partie va nous permettre de faire le lien entre les données théoriques, exposées dans la première et dans la deuxième partie, et les résultats obtenus à l'issue de notre expérimentation.

Ainsi, nous soumettrons des hypothèses expliquant le lien entre l'évolution des performances exécutives et celles des compétences de décodage et d'identification des mots écrits chez les enfants dyslexiques.

Nous pourrions alors conclure sur l'effet d'une stimulation des fonctions exécutives, de l'inhibition et de la flexibilité en particulier, sur les mécanismes de la lecture.

DISCUSSION

5 Discussion

5.1 Synthèse des résultats

D'après les résultats cités précédemment, notre prise en charge spécifique aurait des répercussions à la fois sur les processus exécutifs et sur les mécanismes de lecture.

En effet, concernant les processus exécutifs, nous notons des progrès dans les deux groupes et les deux groupes normalisent leurs moyennes, celle du groupe expérimental avoisinant la moyenne (0σ) pour l'épreuve d'inhibition. Cependant, nous remarquons une progression plus importante des performances du groupe expérimental. De plus, l'écart entre le bilan initial et le bilan final de chacun des deux groupes apparaît très significatif. Il semble ici nécessaire de rappeler que le fonctionnement inhibiteur se développe jusqu'à la fin de l'adolescence (ALTEIMER, 2008), ce qui expliquerait la progression simultanée du groupe témoin.

Concernant la flexibilité, la différence des moyennes du groupe témoin, observée entre T0 et T1, n'est pas significative alors qu'elle est très significative pour le groupe expérimental ; nous pouvons donc conclure à une **amélioration des capacités de flexibilité mentale à l'issue de notre prise en charge.**

Concernant l'évaluation des mécanismes de lecture, nous avons relevé des **progressions significatives pour l'ensemble des mécanismes de lecture évalués** : le décodage, la compréhension écrite et la vitesse en lecture. Les scores observés sont dans la moyenne. Il est à noter que les progressions ne sont significatives que pour les moyennes du groupe expérimental.

Nous relevons donc l'impact positif de notre prise en charge sur les processus exécutifs ainsi que sur les compétences en lecture et plus spécifiquement sur l'identification des mots écrits et sur le décodage phonologique.

5.2 Liens avec les données de la littérature

Dans un premier temps, nous avons évoqué des dysfonctionnements neurocognitifs chez les patients dyslexiques suggérant alors l'implication d'un système cortical multifocal dont le cortex préfrontal, siège anatomo-fonctionnel des fonctions exécutives (MENGHINI, et al., 2010). Dans notre étude, nous notons en effet des déficits d'inhibition au bilan initial dans les deux groupes d'enfants dyslexiques.

En 2008, Altemer spécifie le rôle superviseur des fonctions exécutives sur la lecture. Il établit un lien entre le décodage en lecture, lié à la conversion graphème phonème, et l'inhibition qui permet, dans l'activité de lecture, de passer d'un phonème à un autre et d'éliminer les informations non pertinentes. De plus, l'inhibition suit un développement en parallèle des apprentissages, donc en parallèle de celui de la lecture. A l'issue de notre étude, nous observons, comme attendu, des progressions significatives des compétences de décodage et d'inhibition de notre groupe expérimental.

Ensuite, l'étude d'Altemer et al. en 2008 n'aboutissait pas à de probants résultats concernant l'implication des processus de flexibilité et d'inhibition dans la compréhension en lecture. Il postulait alors l'existence de deux niveaux de compétences cognitives dans le traitement du langage écrit et l'implication de la planification dans la compréhension. Dans notre étude, nous avons fait le choix de ne pas axer notre évaluation sur la planification. Cependant, dans le souci de couvrir l'ensemble des composantes de la lecture, nous avons proposé une épreuve de compréhension en lecture. L'augmentation des compétences de compréhension en lecture, du groupe expérimental, observable à l'issue de notre étude n'est alors pas congruente avec l'observation d'Altemer. Nos résultats apportent les indications suivantes : pour chacune de nos deux populations, nous avons observé une évolution significative des compétences en compréhension entre T0 et T1. L'amélioration de cette faculté ne semble donc pas être inhérente à l'impact de notre prise en charge. En effet dans la dyslexie, les enfants ont tendance à s'appuyer sur d'autres éléments que le code écrit dont des éléments du contexte des images ou d'autres indices sémantiques, pour accéder à la compréhension. La progression des résultats pourrait être due à la mise en place d'une stratégie compensatoire par appui sur le contexte. Une autre hypothèse, s'appuyant sur le rôle de la maturation cérébrale dans le développement des fonctions exécutives pourrait expliquer l'augmentation du score de compréhension en lecture des deux groupes. Aussi, nous notons une augmentation plus importante du score de compréhension globale dans nos deux groupes. Cette note correspond au deuxième essai proposé pour cette épreuve du LMC-R. Elle pourrait donc être mise en lien avec un défaut d'inhibition.

Enfin, nous avons remarqué, chez notre population expérimentale, une augmentation significative du score de dénomination rapide alternée. Or, cette modalité est reliée à l'activité de lecture. C'est en effet un facteur essentiel dans le développement de la lecture et dans les compétences d'identification des mots (O'CONNOR & JERKINS, 1999, cités par Ecalle et Magnan, 2010). De plus, la dénomination rapide alternée requiert des processus de flexibilité mentale (ALTEIMER, 2008), compétence qui augmente aussi significativement chez notre groupe expérimental. Parce qu'elle nécessite l'automatisation de l'alternance entre

l'activation d'une information et l'inhibition d'une autre, la lecture est alors étroitement liée aux processus de dénomination rapide alternée et donc aux compétences de flexibilité mentale. L'évolution de la DRA semble donc correspondre à un effet positif de notre prise en charge.

En conclusion, comme l'a suggéré Alteimer en 2008, il semble donc intéressant de proposer un renforcement spécifique des fonctions exécutives chez les patients dyslexiques afin de bénéficier de l'influence positive d'un apport de stratégies cognitives. De plus, nous notons que les enfants du groupe expérimental ont mis en place de nouvelles stratégies accompagnatrices de leur réflexion (subvocalisation, organisation spatiale des activités, repères sur leurs doigts...) lors de la réalisation d'une activité. Notre étude soulève donc qu'un appui spécifiquement axé sur les fonctions exécutives ne serait pas anodin lors de difficultés d'apprentissage du langage écrit.

5.3 Réflexions méthodologiques

Dans cette partie, nous exposerons nos réflexions concernant la procédure méthodologique mise en place lors de notre étude concernant les tests utilisés, l'effet re-test et le contenu des bilans.

5.3.1 Sur les tests utilisés

Il a été difficile de faire un choix parmi les tests utilisés pour l'évaluation des processus exécutifs car, de la même manière qu'il n'existe pas de consensus quant à la nature exacte des fonctions exécutives, les tests proposés ne permettent pas d'évaluer une fonction isolée. Bien souvent, plusieurs processus sont testés simultanément.

Afin d'évaluer les processus d'inhibition, nous avons utilisé la batterie NEPSY II. La note que nous obtenons prend cependant en compte les processus de flexibilité et de vitesse de traitement des informations. De plus, cette tâche nécessite un contrôle soutenu, de bonnes capacités attentionnelles sont donc utiles à la réalisation de l'épreuve et elles n'ont pas été évaluées spécifiquement chez nos patients. De même, pour l'évaluation de la flexibilité, nous avons utilisé les items « Les petits hommes verts » et « Mondes contraires » de la batterie TEA-Ch qui nécessitent cependant l'intervention de processus attentionnels et mnésiques à court terme. La mémoire et l'attention sont donc entrées en jeu dans nos évaluations et nous n'en connaissons pas l'impact. Parce qu'ils évaluent plusieurs fonctions en même temps, nous

nous devons d'être prudents quant à l'interprétation et à la validité des scores obtenus. Nous ne pouvons pas nous assurer de la nature exclusive de la fonction testée.

Un autre élément a dû être pris en compte. De nombreux tests neuropsychologiques sont à disposition des orthophonistes pour évaluer les fonctionnements exécutifs, notamment pour les adultes. Ces mêmes tests ont été adaptés aux enfants. C'est le cas du Stroop ou du WCST (Wisconsin Card Sorting Test) par exemple. Il est alors important de garder en tête que les capacités exécutives et attentionnelles sont plus limitées chez les enfants que chez les adultes. Souvent longues, complexes, peu attractives et donc au final peu adaptées, les tâches initialement destinées à un public adulte peuvent nous mener à sous-estimer les capacités réelles des enfants. Enfants et adultes peuvent réaliser une même tâche en ne sollicitant pas les mêmes stratégies. C'est pourquoi, dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé des évaluations exclusivement destinées aux enfants.

5.3.2 L'effet re-test

Dans le souci d'objectiver les effets de notre prise en charge, nous avons proposé les mêmes épreuves lors des deux sessions d'évaluation. Un délai de 4 mois a cependant été respecté entre ces deux périodes.

Les données théoriques concernant les fonctions exécutives insistent sur le fait qu'elles permettent aux individus de gérer les situations nouvelles et non automatisées. Or, nous avons proposé les mêmes tâches avec peu d'intervalle. Il est de ce fait possible que lors de la deuxième évaluation, les tâches présentées pour une deuxième fois ne soient pas apparues si nouvelles.

Ces réflexions nous amènent à émettre des réserves. En effet, tout comme ne nous pouvons pas attribuer l'intégralité de l'augmentation des performances à la prise en charge, nous ne pouvons pas ignorer l'influence d'un effet re-test entraînant un apprentissage. Cependant, certains enfants ont dit n'avoir absolument aucun souvenir des consignes des épreuves exécutives.

5.3.3 Une évaluation à compléter

Afin d'approfondir notre bilan et de proposer une évaluation plus complète, nous aurions pu ajouter d'autres épreuves de lecture ainsi que d'autres tâches exécutives.

Concernant le bilan de lecture, il aurait été intéressant de proposer une épreuve de leximétrie, comme l'Alouette-R (LEFAVRAIS, 1967). Elle permet d'évaluer le niveau leximétrique d'un enfant en fournissant un âge lexique et un niveau scolaire de lecture. Une épreuve de compréhension de récit comme La Forme Noire (MAEDER) permettrait d'apprécier les capacités de compréhension de texte.

Concernant les fonctions cognitives, il aurait été intéressant de proposer une épreuve d'attention, une tâche de barrages par exemple, et de mémoire de travail avec une tâche d'empans, afin de prendre en compte ces facteurs, souvent associés aux composantes exécutives, et d'en connaître l'effet.

5.4 Limites de notre étude

Nous exposerons dans cette partie les intérêts ainsi que les limites de notre étude en nous interrogeant sur l'utilité et la faisabilité d'une prise en charge des fonctions exécutives sur une population d'enfants diagnostiqués dyslexiques.

5.4.1 Le programme de prise en charge

Nous avons fait en sorte de proposer, tout au long de notre programme, des activités adaptées à nos patients dyslexiques. Ainsi, nous avons limité le matériel langagier écrit afin de ne pas induire d'obstacles liés à leurs difficultés de lecture.

Aussi, pour limiter la rétention en mémoire de consignes multiples et donc la sollicitation de la mémoire de travail, présente dans certains exercices, nous avons donné aux enfants des supports visuels reprenant les consignes afin qu'ils puissent s'y référer lorsqu'ils le souhaitent. La compréhension des consignes n'a donc, la plupart du temps, pas posé de problème.

De même, afin de garder en tête le caractère nouveau et non automatisé des tâches gérées par les fonctions exécutives, nous avons proposé à chaque séance des exercices différents, des modifications de consignes ou des ajouts de contraintes de temps sur un même matériel. De plus, dans un souci d'unité du programme, nous avons proposé les mêmes tâches à tous les enfants. Il ne s'agit donc pas d'un programme personnalisé.

De plus, il nous a semblé nécessaire de ne pas négliger l'intérêt des enfants dans leur participation à cette étude. Nous sommes conscients de la jeunesse de nos patients pour qui

l'entretien de la motivation et de l'intérêt pour la prise en charge est important. Nous nous sommes efforcés de proposer des supports attrayants, colorés et ludiques.

Enfin, afin d'examiner plus précisément notre programme de rééducation, nous avons établi et utilisé une grille d'observation pour chaque séance et pour chaque patient. Cette grille nous a permis de noter certaines indications : le jour, l'heure, l'humeur de l'enfant et des appréciations sur les activités réalisées. Nous notons que les enfants étaient plus impliqués et performants lorsque nous les voyions en matinée et dans un environnement calme.

5.4.1.1 Le matériel utilisé

Les jeux constituent des supports de travail intéressants. Ils apportent en effet une contenance ludique et attractive et peuvent être détournés de leurs règles premières.

En plus des supports et des jeux du commerce, nous avons fabriqué le matériel dont nous avons besoin pour certaines activités, notamment lorsque nous souhaitons les adapter au niveau et aux capacités des enfants.

Concernant les propositions de tâches, nous nous sommes rendus compte que certaines activités n'étaient pas appropriées au moment où elles ont été proposées. Le programme de la première semaine initialement prévu a été modifié pour faire connaissance avec les enfants. Nous nous sommes également aperçus que la toute première tâche proposée, nécessitant la manipulation de multiples consignes, était trop complexe de prime abord. Il aurait été plus pertinent de la présenter plus tard dans le déroulement de la prise en charge.

5.4.1.2 Déroulement, fréquence et durée des séances

Nous avons choisi de voir les enfants deux fois par semaine à raison de 15 minutes par séances. Nous avons structuré nos séances en trois temps incluant trois types de tâches ou exercices différents afin de ne pas engendrer de phénomène d'apprentissage. Cette diversité au sein d'une même séance sollicite déjà des processus de flexibilité mentale.

Ainsi nous proposons :

- Un exercice papier-crayon (ex : les codes)
- Un exercice oral (ex : Axome)
- Un jeu (ex : Bazar Bizarre)

Concernant le respect du protocole de la prise en charge, nous avons prévu de suivre les enfants deux fois par semaine pendant 2 mois ½. A l'issue de cette prise en charge, nous pouvons être satisfaits de cette régularité puisque nous ne relevons qu'une seule annulation.

Le rythme de 15 minutes par séance a été bien respecté. En effet, il nous a semblé plus approprié de proposer des séances courtes pour profiter au mieux de la disponibilité des enfants et ne pas les surcharger cognitivement, surtout après une journée d'école. Cependant, nous pouvons nous interroger sur les effets que pourraient avoir des séances plus longues, de 30 minutes par exemple et plus fréquentes, trois fois par semaine, sur les compétences en lecture. Des contraintes de temps ne nous ont pas permis de proposer davantage de séances de rééducation ou de rallonger la durée d'une séance.

5.4.1.3 Limites de notre programme de rééducation

Nous devons dans un premier temps considérer le biais méthodologique que constitue notre faible échantillon. En effet, notre étude compte deux groupes de quatre patients chacun. Ce faible nombre de patients entrave la pertinence de notre étude puisqu'il empêche de donner une valeur scientifique à notre traitement statistique.

Bien que notre programme de prise en charge soit de courte durée, nous avons pu en mesurer les effets et les bénéfices. Nous ne pouvons cependant pas savoir si les facultés entraînées au cours de ce programme ont pu être transférées et assimilées. Pour cela, il serait intéressant de proposer une nouvelle évaluation à distance de celle effectuée à la suite de notre prise en charge. Cette évaluation permettrait de connaître la persistance des gains obtenus.

Nous nous devons de considérer l'aspect motivationnel et l'aspect relationnel inhérent à cette étude. En effet, les enfants rencontrés, déjà suivis en rééducation orthophonique, ont été vus deux fois supplémentaires par semaine. Bien que cela ait été nécessaire à la mise en place d'un continuum et d'une régularité dans le suivi, nous ne pouvons pas ignorer que cela ait pu induire un biais dans notre étude. En effet, au-delà de la relation thérapeutique établie avec nos patients, nous ne négligeons pas la dimension de la relation humaine continue créée au cours de ces semaines, d'autant plus lorsque les séances se sont déroulées à domicile. Deux patients sur les quatre ont été vus exclusivement à domicile pour les bilans et la prise en charge. Ils étaient donc dans un environnement familier et sécurisant. Tout en restant le plus possible dans une posture professionnelle, le cadre de la visite à domicile a pu involontairement biaiser les barrières thérapeutiques.

De plus, bien qu'ils soient restés discrets et absents le temps des 15 minutes des séances, les parents étaient souvent présents ce qui a demandé de notre part une plus grande disponibilité permettant des échanges, plus ou moins longs.

Il semble enfin que l'attitude des patients ou leur ressenti quant à la prise en charge ne soit pas le même lorsque l'intervenant est assis derrière un bureau qu'à côté de l'enfant sur la table de la cuisine ou dans sa chambre.

Aussi, malgré la possibilité de comparaison des résultats avec ceux d'un groupe témoin, nous ne pouvons négliger l'effet de la double prise en charge dont ont bénéficié les patients du groupe expérimental. Nous ne pouvons donc pas affirmer que les progrès objectivés lors du bilan final soient exclusivement dus à notre prise en charge. Il est en effet impossible de demander la prise en charge exclusive des patients le temps du programme.

5.4.2 Le recrutement de notre population d'étude

Lors du recrutement, nous nous sommes basés sur le diagnostic de dyslexie posé par les orthophonistes qui nous ont confiés leurs patients. En effet, nous n'avons de ce fait pas effectué de bilan préliminaire permettant de diagnostiquer une dyslexie. Nous n'avons alors pas réalisé de classification des patients en fonction de leur profil de dyslexie.

De plus, notre recherche de population, effectuée en cours d'année scolaire, n'a pas été aisée. Il nous a été difficile de recruter autant de patients que nous aurions voulu pour donner plus de pertinence à notre étude. Nous avons donc étendu notre recherche à l'ensemble des départements d'Aquitaine. Les retours que nous avons eus nous ont conduits à nous déplacer hors de la Gironde. Face à ces contraintes d'éloignement géographique, nous avons mis en place nos deux groupes d'étude en fonction de cette répartition. Il fallait en effet que le domicile des patients de notre groupe expérimental ne se situe pas trop loin de la ville de Bordeaux afin que nous puissions assurer la prise en charge deux fois par semaine. Nous avons pu obtenir deux groupes de quatre patients, appariés en âge et en niveau scolaire. Ces entraves nous ont astreint à limiter la taille de nos échantillons. Les résultats statistiques de notre étude doivent donc être considérés avec prudence.

5.5 Perspectives de notre étude

Notre travail comporte un biais important compte-tenu du faible échantillon. Ainsi, il serait intéressant de proposer une nouvelle étude à une population plus élargie afin d'obtenir des valeurs statistiques plus pertinentes.

Une nouvelle étude pourrait proposer des séances plus longues et plus fréquentes ainsi qu'un bilan à distance de la prise en charge afin d'en mesurer l'effet à long terme et mesurer la persistance des gains obtenus à l'issue du protocole. Nous pourrions également nous

demander si les périodes de prise en charge doivent être réitérées afin de prolonger les bénéfices de la stimulation.

Notre étude étant consacrée aux enfants dyslexiques, il serait intéressant de proposer ce programme de prise en charge à des enfants plus jeunes ayant des difficultés à entrer dans l'apprentissage de la lecture afin de voir si l'entraînement des fonctions permet d'augmenter les compétences en lecture chez ces enfants et prévient l'installation de troubles durables.

CONCLUSION

Le but de notre étude était de vérifier l'utilité et l'efficacité d'une prise en charge des fonctions exécutives chez des enfants diagnostiqués dyslexiques de CM2.

Pour ce faire, nous avons constitué deux groupes, témoin et expérimental, constitués d'enfants dyslexiques scolarisés en classe de CM2. Nous avons proposé au groupe expérimental une prise en charge axée sur l'entraînement des processus d'inhibition cognitive et de flexibilité mentale à raison de deux fois par semaine pendant 8 semaines étalées sur 2 mois ½.

Afin d'objectiver l'efficacité de cette prise en charge sur les mécanismes requis dans l'activité de lecture, nous avons effectué des bilans avant et après la prise en charge. Les patients des deux groupes ont participé à ces deux sessions de bilan.

L'analyse de nos résultats nous a permis, d'une part, d'observer une amélioration significative des compétences exécutives des enfants du groupe expérimental et d'autre part, de voir une progression également significative des résultats évaluant le décodage et la vitesse de lecture.

Cependant, conscients que notre étude comporte des biais méthodologiques concernant notre faible échantillon, nous sommes menés à considérer les conclusions de ces résultats avec prudence.

Nous pouvons retenir de notre travail l'importance de l'implication des fonctions exécutives, dont l'inhibition cognitive et la flexibilité mentale, dans les processus mis en jeu dans l'activité de lecture.

INDEX

Index des illustrations

Figure 1 : <i>Modèle interactif de lecture</i> d'après Seymour, 1997	15
Figure 2 : <i>Le réseau connexionniste du traitement lexical</i> d'après Seidenberg et McClelland, 1989, et Plaut, 1999 in Sprenger-Charolles & Cole, 2013.	16
Figure 3 : <i>Les aires cérébrales impliquées dans la lecture</i> (SPRENGER-CHAROLLES & COLE, 2013).	17
Figure 4 : <i>Les voies cérébrales de la lecture</i> d'après Dehaene, 2007.	18
Figure 5 : <i>Le modèle à double voie de lecture</i> d'après Coltheart et al. (2001).	19
Figure 6 : <i>Les principaux déterminants de la compréhension en lecture</i> d'après Ecalle et Magnan, 2010.	24
Figure 7 : <i>La mémoire de travail</i> d'après Baddeley, 1995 in MORET & MAZEAU, 2013.	37
Figure 8 : <i>Les lobes cérébraux</i> (Le Grand Larousse du Cerveau, 2011).	38
Figure 9 : <i>Représentation schématique du cortex cérébral de l'homme</i> (SANS, 2009).	39
Figure 10 : <i>Représentation des différentes zones du lobe frontal à partir des aires citoarchitectoniques de Brodman</i> (ROY, 2007).	40
Figure 11 : <i>Les systèmes de contrôle attentionnel de Noman et Shallice</i> , d'après Seron et al. 1999	42
Figure 12 : <i>Les fonctions exécutives dans le traitement du langage écrit</i> d'après Alteimer, 2008.	52
Figure 13 : <i>Dénomination rapide alternée</i> (PLAZA & ROBERT-JAHIER, DRA : Test de dénomination rapide pour enfants, 2006).	63
Figure 14 : <i>Comparaison des moyennes à T0</i>	75
Figure 15 : <i>Comparaison des scores de flexibilité à T0</i>	76
Figure 16 : <i>Comparaison des résultats obtenus par le groupe expérimental</i>	78
Figure 17 : <i>Comparaison des scores de flexibilité du groupe expérimental</i>	79
Figure 18 : <i>Comparaison des moyennes à T1</i>	83
Figure 19 : <i>Comparaison des scores de flexibilité à T1</i>	83
Figure 20 : <i>Comparaison des moyennes des bilans initiaux et finaux</i>	84
Figure 21 : <i>Comparaison des moyennes de flexibilité à T0 et T1</i>	85

Index des tableaux

Tableau 1 : <i>Différents outils d'évaluation du langage écrit</i> in Troles, 2010.....	33
Tableau 2 : <i>Données générales des patients</i>	59
Tableau 3 : <i>Comparaison des résultats à T0</i>	74
Tableau 4 : <i>Evolution des performances du groupe expérimental</i>	77
Tableau 5 : <i>Evolution des performances de temps du groupe expérimental</i>	80
Tableau 6 : <i>Evolution des performances du groupe témoin</i>	81
Tableau 7 : <i>Evolution des performances de temps du groupe témoin</i>	82
Tableau 8 : <i>Comparaison des résultats à T1</i>	82

Table des annexes

Annexe I **Courrier adressé aux parents et consentements**

Annexe II **Courrier adressé aux orthophonistes**

Annexe III **Protocoles du bilan de lecture**

Annexe IV **Tableaux des résultats bruts**

ANNEXES

Annexe I : Courrier adressé aux parents et consentements

Courrier adressé aux parents :

Madame, Monsieur

Je me permets de vous contacter par l'intermédiaire de,
l'orthophoniste de votre enfant

Je souhaite en effet le faire participer à une expérimentation dans le cadre de mon mémoire de fin d'études qui s'intéresse à l'influence d'un renforcement spécifique des fonctions exécutives sur la rapidité de lecture et de décodage chez des enfants dyslexiques de CE2, CM1 et CM2, dirigé par Anne-Gaëlle BARDET-TANGUY, orthophoniste.

Mon objectif est d'observer l'effet d'un renforcement spécifique des fonctions exécutives sur la dyslexie. Pour cette étude sont retenues les fonctions exécutives suivantes : flexibilité et inhibition.

Avec votre consentement, je souhaiterais faire participer votre enfant à mon étude, qui se déroulera comme suit :

- Dans un premier temps, je réaliserai un bilan des compétences en lecture ainsi qu'un bilan exécutif (inhibition et flexibilité).
- Ensuite, je proposerai à la moitié des enfants un protocole d'exercices sélectionnés et ciblés sur l'inhibition et la flexibilité à raison d'une séance de 15 min deux fois par semaine.
- Enfin, une évaluation finale de tous les enfants sera réalisée à la fin du protocole afin d'observer leur évolution et de mesurer l'influence des exercices proposés.

Pour les besoins de mon étude, seule une moitié des enfants recevra le protocole de renforcement des fonctions exécutives afin de comparer les deux évolutions.

Une synthèse des recherches et des résultats vous sera communiquée à la fin de cette étude si vous le souhaitez.

Dans l'attente de votre réponse, je vous adresse, Madame, Monsieur, mes sincères salutations.

Consentements des parents et de l'enfant :

Je soussigné,,
parent/tuteur légal de, consens à ce que mon enfant participe à l'étude
de Melle BARGUE Sarah, étudiante en 4^{ème} année au Centre de Formation en Orthophonie de
Bordeaux dans le cadre de ses recherches pour son mémoire de fin d'études.

Je,, suis d'accord pour participer à l'étude de Sarah
BARGUE.

Annexe II : Courrier adressé aux orthophonistes

Madame, Monsieur,

Actuellement étudiante en 4^{ème} année au Centre de Formation en Orthophonie de Bordeaux, je réalise mon mémoire de fin d'étude sur « **L'influence d'un renforcement des fonctions exécutives chez les enfants dyslexiques de CE2, CM1 et CM2** », dirigé par Anne-Gaëlle BARDET-TANGUY, orthophoniste.

L'objectif de mon mémoire sera d'observer les effets d'une rééducation spécifique des fonctions exécutives (inhibition et flexibilité) sur le décodage et la rapidité en lecture des enfants présentant une dyslexie.

C'est dans le cadre de ce mémoire que je me permets de vous solliciter afin de recruter une population d'**enfants de CE2, CM1 et CM2** diagnostiqués **dyslexiques** suivis en rééducation orthophonique ne présentant ni retard mental, ni trouble psychiatrique, ou tout autre pathologie pouvant induire un biais dans l'expérimentation (trouble du comportement, trouble spécifique du développement, TDAH, autisme...).

Avec votre consentement ainsi que celui des parents, je proposerai :

- Dans un premier temps, deux bilans : un bilan des compétences en lecture et un bilan exécutif (inhibition et flexibilité). Je propose de faire ces bilans le samedi, au cabinet d'Anne-Gaëlle Bardet-Tanguy à Mérignac, jusqu'aux vacances d'hiver si possible.
- Ensuite, je proposerai à un groupe d'enfants seulement un protocole d'exercices sélectionnés et ciblés sur l'inhibition et la flexibilité à raison d'une séance de 15 min deux fois par semaine, pendant 8 semaines, à partir du 25 mars 2013. L'idéal serait que je vienne réaliser cet entraînement à votre cabinet lors de la séance habituelle de l'enfant et de le faire venir une seconde fois le samedi toujours à Mérignac, sachant qu'il est possible, dans les deux cas, que je me déplace au domicile du patient, si besoin.
- Enfin, une évaluation finale (lecture et fonctions exécutives) de tous les enfants sera réalisée à la fin du protocole, afin d'observer leur évolution et de mesurer l'influence des exercices proposés.

Une synthèse de mes recherches vous sera communiquée, ainsi qu'aux parents des enfants concernés par l'étude s'ils le souhaitent.

Vous trouverez ci-après les détails concernant les épreuves de bilan ainsi que le matériel choisis pour l'évaluation et la réalisation du protocole de rééducation.

Dans l'attente d'une réponse, je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, mes salutations distinguées.

EVALUATION

Lecture

BALE Batterie Analytique du Langage Ecrit, (2010) COGNI-SCIENCES Laboratoire des sciences de l'éducation Université Pierre Mendès France Grenoble

- Lecture de mots fréquents, peu fréquents
- Lecture de pseudomots
- Lecture phonologique
- Conversion graphème-phonème
- Lecture de lettres

Vitesse en lecture (KHOMSI, PASQUET, NANTY, & PARBEAU-GUENO, 2005)
Evaluation de la qualité des **stratégies phono-alphabétiques** et des **connaissances orthographiques disponibles**, lors d'une tâche fortement contrainte par le temps.

LMC-R (KHOMSI, 1995)

Nous avons choisi l'épreuve de **compréhension** en lecture de phrases.

Dénomination rapide

DRA Test de dénomination rapide pour enfants (PLAZA & ROBERT-JAHIER, 2006)

Fonctions exécutives - Inhibition / Flexibilité

Inhibition :

NEPSY II – Bilan neuropsychologique de l'enfant (KORMAN, KIRK, & KEMP, 2012)

Adaptation française ECPA

Flexibilité :

TEA-Ch (MANLY, ROBERTSON, ANDERSON, & MIMMO-SMITH, 2004)

REEDUCATION

Supports utilisés :

Objectif :

Entraînement visant à travailler l'inhibition et la flexibilité, tantôt de manière isolée, tantôt en simultané.

Parmi lesquels seront proposées des activités de : Go/noGo, Barrages, Codes, Fins de phrases à innover, Inhibition de réponses automatiques

Matériel :

- *Attention et Mémoire* Ortho Edition
- *Activation des fonctions cognitives* Ortho Edition
- *Attention mes yeux* Ortho Edition
- *Attention et Exploration Visuelle* Ortho Edition
- *Jeux au carrefour du langage et des fonctions exécutives* Cit'Inspir

Jeux :

- Set
- Color addict
- Dobble
- Speed
- Jeux à la carte
- Bazar bizarre

Je vous remercie pour l'attention que vous avez porté à ce message.

Annexe III : Protocoles d'évaluation de la lecture utilisés dans cette étude

Bilan de lecture :

- **BALE** (JACQUIER-ROUX, LEQUETTE, POUGET, VALDOIS, & ZORMAN, 2010)
 - *Lecture de mots*
 - *Lecture phonologique*
 - *Conversion graphème-phonème*
 - *Lecture de lettres*
- **LMC-R** (KHOMSI, 1995)
 - *Compréhension en lecture*
- **VEL** (KHOMSI, PASQUET, NANTY, & PARBEAU-GUENO, 2005)

Annexe IV : Tableaux des résultats bruts

Groupe témoin

Bilan Initial

Patient J Patient M Patient N Patient N Moyenne par épreuve

LECTURE

Lecture mots fréquents (σ)	-3,50	-3,70	0,20	-3,40	-2,60
Lecture mots peu fréquents (σ)	-2,32	-1,60	-1,50	-3,95	-2,34
Pseudomots 1 (σ)	0,10	-2,90	-2,40	-3,40	-2,15
Pseudomots2 (σ)	-1,70	-3,70	-3,70	-4,70	-3,45
Lecture phonologique (σ)	-1,10	-1,50	-0,60	-2,52	-1,43
CGP (σ)	-0,50	-1,70	-2,50	-0,90	-1,40
Lecture de lettres (σ)	0,40	-0,70	-1,20	-1,20	-0,68
Moyenne Décodage (σ)	-1,23	-2,26	-1,67	-2,87	-2,01
Compréhension initiale (σ)	-0,20	-0,20	0,79	-0,58	-0,05 Moy Compréhension (σ)
Compréhension globale (σ)	0,59	0,22	0,22	0,96	0,50
VEL (σ)	-1,65	-1,43	-1,65	-1,32	-1,51
Moyenne par enfant (σ)	-0,91	-1,75	-1,19	-2,19	-1,51

Moyenne du groupe pour l'ensemble (σ)

DRA

Dénomination rapide (σ)	-6,48	-4,58	-2,19	-2,92	-4,04
Dénomination alternée (σ)	-12,67	-16,00	-15,33	-12,67	-14,17

FONCTIONS EXECUTIVES

Inhibition (σ)	-1,49	-3,35	-2,05	-1,91	-2,20
Flexibilité (%cumulés)	61,75	41,25	46,50	14,50	41,00

Groupe témoin

Bilan final

Patient J Patient M Patient N Patient F **Moyenne par épreuve**

LECTURE

Lecture mots fréquents (σ)	-4,30	-1,10	0,55	-2,70	-1,89
Lecture mots peu fréquents (σ)	-2,05	-1,80	-1,65	-2,70	-2,05
Pseudomots 1 (σ)	-2,40	-1,40	-2,40	-2,90	-2,28
Pseudomots 2 (σ)	-2,20	-2,20	-2,20	-2,20	-2,20
Lecture phonologique (σ)	-0,60	-0,20	-0,20	-1,50	-0,63
CGP (σ)	-0,50	-0,90	0,30	-1,30	-0,60
Lecture de lettres (σ)	-0,10	0,40	-0,10	-0,10	0,03
Moyenne Décodage (σ)	-1,74	-1,03	-0,81	-1,91	-1,37
Compréhension initiale (σ)	0,44	1,13	0,79	1,13	0,87
Compréhension globale (σ)	1,33	1,70	1,70	1,70	1,61
VEL (σ)	-1,00	-0,56	-1,75	-1,59	-1,23
Moyenne par enfant (σ)	-1,14	-0,49	-0,50	-1,22	-1,30
	Moyenne du groupe pour l'ensemble (σ)				-1,30
					Moy Compréhension (σ) 1,24

DRA

Dénomination rapide (σ)	-4,06	-4,58	-1,67	-0,25	-2,64
Dénomination alternée (σ)	-2,67	-16,00	-2,67	-2,67	-6,00

FONCTIONS EXECUTIVES

Inhibition (σ)	-0,83	-1,87	-0,43	0,04	-0,77
Flexibilité (%cumulés)	70,50	55,00	29,25	20,00	43,69

Groupe expérimental

Bilan Initial

Patient C Patient N Patient M Patient CI Moyenne par épreuve

LECTURE

Lecture mots fréquents (σ)	-2,05	-2,05	-0,15	-0,80	-1,26
Lecture mots peu fréquents (σ)	-2,30	-1,10	-2,15	-2,00	-1,89
Pseudomots 1 (σ)	-0,90	-2,40	-2,50	-1,40	-1,80
Pseudomots2 (σ)	-1,70	-2,70	-3,20	-3,20	-2,70
Lecture phonologique (σ)	-1,50	-1,50	-1,50	-4,30	-2,20
CGP (σ)	-3,30	-2,90	-1,30	-2,50	-2,50
Lecture de lettres (σ)	-1,20	0,40	-4,00	0,40	-1,10
Moyenne Décodage (σ)	-1,85	-1,75	-2,11	-1,97	-1,92
Compréhension initiale (σ)	0,10	-0,20	-0,58	-1,96	-0,66 Moy Compréhension
Compréhension globale (σ)	0,59	0,50	1,33	-0,14	0,57
VEL (σ)	-0,10	-1,00	-1,32	-0,58	-0,75
Moyenne lecture par enfant (σ)	-1,36	-1,33	-1,56	-1,77	-1,34

Moyenne du groupe pour l'ensemble (σ)

DRA

Dénomination rapide (σ)	-0,27	-3,65	-3,86	-7,08	-3,71
Dénomination alternée (σ)	-2,67	-2,67	-6,00	-9,33	-5,17

FONCTIONS EXECUTIVES

Inhibition (σ)	-2,24	-1,60	-1,97	-2,61	-2,10
Flexibilité (%cumulés)	20,50	36,50	61,25	25,50	35,94

Groupe expérimental

Bilan final

Patient C Patient N Patient M Patient CI Moyenne par épreuve

LECTURE

Lecture mots fréquents (σ)	0,00	-0,15	0,80	-0,45	0,05
Lecture mots peu fréquents (σ)	-0,40	-0,10	-0,35	-0,10	-0,24
Pseudomots 1 (σ)	-1,40	0,10	-0,90	0,10	-0,53
Pseudomots2 (σ)	-1,70	-1,20	-2,70	-0,70	-1,58
Lecture phonologique (σ)	-0,20	-0,20	-0,20	-1,10	-0,43
CGP (σ)	-0,10	0,30	-0,90	0,30	-0,10
Lecture de lettres (σ)	0,10	0,40	-0,70	0,40	0,05
Moyenne Décodage (σ)	-0,53	-0,12	-0,71	-0,22	-0,39
Compréhension initiale (σ)	1,82	0,79	1,48	-0,58	0,88 Moy compréhension
Compréhension globale (σ)	1,70	0,96	2,07	0,96	1,42
VEL (σ)	-0,58	-0,56	-0,01	0,69	-0,12
Moyenne lecture par enfant (σ)	-0,08	0,03	-0,14	-0,05	-0,25

Moyenne du groupe pour l'ensemble (σ)

DRA

Dénomination rapide (σ)	-0,83	-0,27	-0,75	0,63	-0,31
Dénomination alternée (σ)	0,75	0,67	0,67	-2,67	-0,15

FONCTIONS EXECUTIVES

Inhibition (σ)	-0,55	-0,55	0,57	0,24	-0,07
Flexibilité (%cumulés)	60,00	75,00	88,75	36,00	64,94

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

1. ALTEIMER, A. B. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(5), pp. 588-606.
2. ANDERSON. (2002). Assessment and development of executive function during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), pp. 71-82.
3. ANDERSON, WINOCUR, & PALMER. (2003). Principles of Cognitive Rehabilitation. In *Handbook of Clinical Neuropsychology*. Oxford Press.
4. ANDRES, & LINDEN, V. D. (2004). Les capacités d'inhibition : une fonction "frontale". *Revue européenne de psychologie appliquée*(54), pp. 137-142.
5. BADDELEY. (1998). The Central Executive : A concept and some misconceptions. *Journal of the International Neuropsychological Society*(4), pp. 523-526.
6. BELLONE. (2003). *Dyslexies et Dysorthographies*. Ortho Edition.
7. BODER. (1973, Developmental Dyslexia :). A diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. *Developmental Medicine and Child Neurology*(17).
8. BONNELLE. (2002). *La dyslexie en médecine de l'enfant*. SOLAL.
9. BORNEC, L., & COUILLET. (n.d.). *Jeux à la carte*. Ortho Edition .
10. BOUCHET, & BOUTARD. (n.d.). *Attention et mémoire*. Ortho Edition.
11. BOUJON, & LEMOINE. (2002). Le rôle de l'inhibition dans le contrôle attentionnel des traitements. In BOUJON, *L'inhibition au carrefour des neurosciences et des sciences de la cognition* (pp. 79-104). SOLAL.
12. BOUJON, GAUX, GREFF, & IRALDE, L. (2004). *Les apprentissages scolaires*. Bréal.
13. BOULC'H, GAUX, & BOUJON. (2007). Implication des fonctions exécutives dans le décodage en lecture : étude comparative entre normolecteurs et faibles lecteurs de CE2. *Psychologie Française*(52), pp. 71-87.
14. BRIN, COURRIER, LEDERLE, & MASY. (2004). *Dictionnaire d'orthophonie*. Ortho Edition.

15. BROSANAN, DEMETRE, HAMILL, ROBSON, SHEPHERD, & CODY. (2002). Executive functioning in adults and children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*(40), pp. 2144-2155.
16. BURNHAM, SABIA, & LANGAN. (2013, Juillet 22). Components of working memory and visual selective attention. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*.
17. CARTER, ALDRIDGE, PAGE, & PARKER. (2011). *Le Grand Larousse du Cerveau*. Larousse.
18. CASALIS, LELOUP, & PARRIAUD, B. (2013). *Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant*. MASSON.
19. CASTEL, PECH-GEORGEL, GEORGE, & ZIEGLER. (2008). Lien entre dénomination rapide et lecture chez les enfants dyslexiques. *L'année psychologique*(108), pp. 395-422.
20. CELERIER. (n.d.). Jeux au carrefour du langage et des fonctions exécutives. Cit'Inspir.
21. CHASSAGNY. (1978). *Pédagogie Relationnelle du Langage*. Presses Universitaires de France.
22. CIM-10/IDC-10. (1994). *Classification internationale des maladies. 10e révision. Chapitre V (F): Troubles mentaux et troubles du comportement. Descriptions cliniques et directives pour le diagnostic*. (O. M. (Genève), Ed., & Pull, Trans.) MASSON.
23. CLEMENT. (2006). Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problème. *L'année psychologique*(106), pp. 415-434.
24. CLEMENT. (2007). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. *Cognition, Santé et Vie quotidienne, 1*, pp. 21-42.
25. COLETTE. (2004). Exploration des fonctions exécutives par imagerie cérébrale. In *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (pp. 25-51). Solal.
26. COLTHEART, RASTLE, PERRY, LANGDON, & ZIEGLER. (2001). DRC : a dual route cascaded model of visual word recognition and readin aloud. *Psychological Review* .
27. CONDOR, ANDERSON, & SALING. (1995). Do Reading Disabled Children Have Planning Problems. *Developmental Neuropsychology*(11), 485-502.

28. CORNU-LEYRIT, & MILORD. (n.d.). Activation des fonctions cognitives. Ortho Edition.
29. CRITCHLEY. (1970). Developmental dyslexia : A constitutional disorder of symbolic perception. *Research Publication Association for Research in Nervous and Mental Disease*(48), 266-271.
30. DEHAENE. (2007). *Les neurones de la lecture*. Odile Jacob.
31. ECALLE, & MAGNAN. (2010). *L'apprentissage de la lecture et ses difficultés*. DUNOD.
32. FAVRE. (1992). Approche neuro-pédagogique des lobes frontaux humains. *Les Sciences de l'Education*(5), pp. 23-44.
33. FAYOL. (1992). Comprendre ce qu'on lit : de l'automatisme au contrôle. In G. L.-C. FAYOL, *Psychologie Cognitive de la Lecture*. PUF.
34. FRITH. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. *Surface Dyslexia, Neuropsychological and Cognitive Studies of Phonological Reading*.
35. FUSTER. (1997). *The Prefrontal Cortex*. Raven Press.
36. GIL. (2010). Neuropsychologie du lobe frontal. In GIL, & MASSON (Ed.), *Neuropsychologie* (5e édition ed.).
37. GILLEROT. (2003). Aspects génétiques. In V. HOUT, & ESTIENNE, *Les Dyslexies : Décrire, Evaluer, Expliquer* (pp. 69-73). MASSON.
38. GODEFROY. (2003). Frontal syndrom and disorders of executive functions. *Journal of neurology*(250), pp. 1-6.
39. GODEFROY, ROUSSEL-PIERONNE, DUCLERC, DUVAL, & PETITCHENAL. (2001). Attention et pathologie frontale. In COUILLET, LECLERC, MORONI, & AZOUVI, *La Neuropsychologie de l'Attention*. Marseille: Solal.
40. GOUGH, & TUNMER. (1986). Decoding, reading and reading disability. *Remedial and Special Education*(7), pp. 6-10.
41. HABIB. (1997). *Dyslexie : le cerveau singulier*. SOLAL.
42. HERBILLON, & LAUNAY. (2002). Intérêts et limites du modèle à deux voies dans une perspective développementale. *Communications des 4èmes journées scientifiques de l'école d'orthophonie de Lyon*.

43. HOOVER, & GOUGH. (1990). The simple view of reading. *Reading and Writing : An Interdisciplinary Journal*(2), pp. 127-160.
44. INSERM, E. c. (2007b). Données de prévalence. (Inserm, Ed.) *Troubles des apprentissages : Dyslexie, dysorthographe et dyscalculie, Bilan des données scientifiques*, pp. 513-534.
45. JACQUIER-ROUX, LEQUETTE, POUGET, VALDOIS, & ZORMAN. (2010). BALE Batterie Analytique du Langage Ecrit. (COGNI-SCIENCES, Ed.) GRENOBLE.
46. KHOMSI. (1995). LMC-R Epreuve d'évaluation de la compétence en lecture - Révisée. ECPA.
47. KHOMSI, PASQUET, NANTY, & PARBEAU-GUENO. (2005). Vitesse en Lecture. ECPA.
48. KORMAN, KIRK, & KEMP. (2012). NEPSY II Bilan neuropsychologique de l'enfant. ECPA.
49. LACHAUX. (2011). *Le cerveau attentif*. Odile Jacob.
50. Le Nouveau Petit Robert de la Langue Française. (2007).
51. LECOCQ. (1991). *Apprentissage de la lecture et dyslexie*. MARDAGA.
52. LEFAVRAIS. (1967). Test de l'Alouette [ré-étalonné en 2005]. Paris: ECPA.
53. LENOBLE, & PEDETTI. (n.d.). Attention et exploration visuelle. Ortho Edition.
54. LEON-CARRION, GARCIA-ORZA, & PEREZ-SANTAMARIA. (2004). Development of the inhibitory component of executive functions in children and adolescents. *International Journal of Neuroscience*(114).
55. LURIA. (1970). The Functionnal Organisation of the Brain. *Scientific American*(222).
56. LUSSIER, & FLESSAS. (2009). *Neuropsychologie de l'enfant. Troubles développementaux et de l'apprentissage* (2e édition ed.). (DUNOD, Ed.)
57. MAEDER. (n.d.). La Forme Noire Test de compréhension écrite de récits 9-12 ans. Ortho Edition.
58. MANLY, ROBERTSON, ANDERSON, & MIMMO-SMITH. (2004). TEA-Ch Test of Everyday Attention for Children. ECPA.

59. MARTIN, & NOLIN. (2009). La réalité virtuelle comme nouvelle approche évaluative en neuropsychologie : l'exemple de la classe virtuelle avec des enfants ayant subi un traumatisme crânio-cérébral. *A.N.A.E.*(101), pp. 28-32.
60. MATI-ZISSI, ZAFIROPOULOS, & BONOTI. (1998). Drawing Performance in Children with Special Learning Difficulties. *Perceptual and Motor Skills*(87), 487-497.
61. MAZEAU. (2005). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages. Du symptôme à la rééducation*. MASSON.
62. MAZEAU. (2008). *Conduite du bilan neuropsychologique* (2e édition ed.). MASSON.
63. McCLELLAND. (1999). Vers une convergence entre symbolistes et connexionnistes. In DORTIER, *Le Cerveau et la Pensée : La Révolution des Sciences Cognitives*. Paris: Sciences Humaines.
64. MENGHINI, FINZI, BENASSI, BOLZANI, FACOETTI, GIOVAGNOLI, . . . VICARI. (2010). Different underlying neurocognitive deficits in developmental dyslexia : A comparative study. *Neuropsychologia*(48), pp. 863-872.
65. MIYAKE, FRIEDMAN, & EMERSON. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks : A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*(41).
66. MONETTE, & BIGRAS. (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire. *Canadian Psychology*, 9(44).
67. MORET, & MAZEAU. (2013). *Le syndrome dysexécutif chez l'enfant et l'adolescent*. Elsevier Masson.
68. MUCCHIELLI, & MUCCHIELLI-BOURCIER. (1990). *La Dyslexie, La Maladie du Siècle*. ESF.
69. OAKHILL, & CAIN. (2003). The development of comprehension skills. In NUNES, & BRYANT, *Handbook of Children's Literacy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
70. OAKHILL, & CAIN. (2007). Introduction to comprehension development. In OAKHILL, & CAIN, *Children's Comprehension Problems in Oral and Written Language*. London: Guilford Press.
71. OUELLETTE. (2006). What's meaning got to do with it : The role of vocabulary in word reading and reading comprehension. *Journal of Education Psychology*(98).

72. OUZILOU. (2001). *Dyslexie. Une vraie fausse épidémie*. Presses de la Renaissance.
73. PLAZA, & RAYNAUD. (2007). Dyslexie et traitement plurimodal : de l'autre côté du miroir. *Le journal des psychologues*, 8(251), pp. 31-35.
74. PLAZA, & ROBERT-JAHIER. (2006). DRA : Test de dénomination rapide pour enfants. Chateauroux: Adeprio.
75. PRINGLE-MORGAN. (1896). A case of congenital word blindness. *British Medical Journal*(2), p. 1378.
76. REITER, REITER, TUCHA, & LANGE. (2005). Executive Functions in Children with Dyslexia. *Dyslexia*(10), 1-16.
77. ROY. (2007). Fonctions exécutives chez les enfants atteints d'une neurofibromatose de type 1 : approche clinique et critique. Université d'Angers.
78. SANS. (2009, Novembre 30). La Lecture et ses Neurones. (A. d. Lettres, Ed.)
79. SEIDENBERG. (sous-presse). Computational models of reading : Connectionist and Dual-Route approaches. In SPIVEY, McRAE, & JOANISSE, *The Cambridge Handbook of Psycholinguistics* .
80. SERON, V. D. (1999). Lobe frontal : à la recherche de ses spécificités fonctionnelles. In *Neuropsychologie des lobes frontaux* (pp. 33-88). Solal.
81. SET. (1991). GICAMIC.
82. SEYMOUR. (1997). Les Fondations du Développement Orthographique et Morphographique . In *Des Orthographes et Leur Acquisition*. Lausanne: Delachaux et Niestlé.
83. SPRENGER-CHAROLLES, & COLE. (2013). *Lecture et Dyslexie : Approche cognitive* (2e édition ed.). DUNOD.
84. STAUPE. (1995). SPEED. Adlung Spiele.
85. TALLAL, MILLER, & FITCH. (1993). Neurobiological basis of speech : A case of the preeminence of temporal processing. *Annals of New York of Academy of Sciences*(682).
86. THIBAUT, & PITROU. (2012). Du langage oral au langage écrit. In THIBAUT, & PITROU, *L'Aide-mémoire des Troubles du Langage et de la Communication*. DUNOD.

87. TROLES. (2010). Elaboration d'un outil d'aide au diagnostic de la dyslexie développementale. *Thèse de psychologie*. Rennes.
88. VALDOIS, BOSSE, & TAINTURIER. (2004). The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia : Review of evidence for a selective visual attentional disorder. *Dyslexia*(10).
89. ZEIMET. (2010). Bazar Bizarre. GICAMIC.
90. ZOMEREN, V., & BROUWER. (1994). *Clinical Neuropsychology of Attention*. New York: Oxford University Press.

- **Résumé** :

De nombreuses compétences sont requises pour accéder à l'apprentissage de la lecture dont les fonctions exécutives. De récentes investigations ont mis en exergue l'existence de liens entre le développement du langage écrit et les mécanismes de lecture, particulièrement le décodage et la fluence en lecture, et des fonctions exécutives spécifiques : l'inhibition et la flexibilité.

Partant du postulat qu'un entraînement spécifique des fonctions d'inhibition et de flexibilité serait susceptible d'améliorer le déchiffrement et la vitesse de lecture, nous avons proposé dans notre étude, d'évaluer l'effet d'une stimulation de la flexibilité et de l'inhibition chez des enfants dyslexiques entre 10 et 11 ans.

Les résultats de notre étude montrent dans un premier temps que notre prise en charge a permis d'améliorer significativement les processus de flexibilité et d'inhibition. De plus, nous pouvons souligner l'augmentation significative des compétences de décodage de mots et de vitesse de lecture.

A l'issue de notre étude, nous concluons à l'importance d'une prise en charge des fonctions exécutives dans la dyslexie.

- **Mots clés** :

Dyslexie - Inhibition – Flexibilité – Rééducation – Langage écrit

- **Summary** :

Many different skills, such as executive functions, are required in reading development. Latest research underline links between literacy development, deciphering and reading fluency, and specific executive functions : inhibition and switching.

Supposing that a specific executive training, centered on inhibition and flexibility, may improve word deciphering and reading fluency, we proposed to assess the effects of a particular executive stimulation to dyslexic patients aged from 10 to 11.

Our results firstly highlight a significant executive improvement. Then, we underline significant reading skills enhancements, particularly in word deciphering, reading comprehension and fluency.

At the end of this study, we draw attention to the significance of proposing a specific executive functioning care in dyslexia.

- **Key words** :

Dyslexia – Inhibition – Switching – Rehabilitation – Literacy