



Université Lille 2
Droit et Santé



Institut d'Orthophonie
Gabriel DECROIX

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophonie
présenté par :

Amélie OGER
Cassandre ROOM

soutenu publiquement en juin 2014 :

Relations entre processus attentionnels, visuo-attentionnels et performances en lecture :

**Étude comparative entre des enfants de CE2 normo-
lecteurs et avec trouble spécifique du langage écrit.**

MEMOIRE dirigé par :

Franck MEDINA, Orthophoniste et formateur pour la formation continue des
orthophonistes, Nîmes

Raphaël BUELENS, Orthophoniste et enseignant à l'institut d'Orthophonie Gabriel
Decroix, Lille

Lille – 2014

Remerciements

Nous tenons à remercier Franck Medina, orthophoniste et directeur de ce mémoire qui est à l'origine de ce projet. Il nous a apporté nombre de connaissances et nous a menés à développer un esprit critique. Merci pour sa rapidité, sa précision, ses encouragements.

Un grand merci à Monsieur Buelens, orthophoniste et directeur de ce mémoire qui a accepté de suivre ce projet et a apporté son œil critique, sa franchise et des relations indispensables à la bonne réalisation de ce travail.

Merci donc à vous deux, pour avoir su rendre ce travail intéressant et enrichissant.

Nous remercions les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre étude.

Nos remerciements reviennent également à Monsieur Clément Bataille qui nous a épargné les calculs statistiques, merci pour votre disponibilité.

Nous tenons également à remercier les différents acteurs qui nous ont permis de mener à bien notre projet: merci aux directeurs des écoles, aux enseignants et aux orthophonistes qui nous ont mis en lien avec les enfants. Un énorme merci pour le temps que vous nous avez consacré, pour votre gentillesse et le fait d'avoir modifié vos organisations personnelles pour nous simplifier la vie.

Puis vient le remerciement qui est certainement le plus important car sans eux ce projet n'aurait pas été possible : merci à tous les enfants qui ont participé. Un immense merci pour votre implication, votre motivation et vos sourires qui ont rendu les passations très agréables.

Dans un cadre plus large, nous remercions également le corps professoral et nos maîtres de stage qui nous ont guidé sur le chemin qui mène au magnifique métier d'orthophoniste. Nous tâcherons d'appliquer au mieux ce que vous nous avez appris. Un merci particulier aux maîtres de stage de cette année (Madame Bony,

Madame Flipo, Madame Lesage ainsi que Mme Brogat-Motte, M. Ravenel, Mme Thaler et Mme Prunel) qui nous ont soutenues et encouragées dans les moments difficiles.

Plus personnellement, merci à nos familles qui ne nous ont plus beaucoup vues à certains moments, merci d'avoir été là, depuis le début, bien avant la réussite de notre concours.

Pour finir, merci à Aurélien et Raphaël pour leurs talents de relecteur, de traducteur et pour nous avoir supportées et soutenues pendant un an.

Nous vous devons beaucoup,
Amélie Oger et Cassandre Room

Résumé :

Selon le modèle à double voie de Coltheart, les troubles spécifiques du langage écrit sont les conséquences d'un déficit d'au moins une des voies de lecture : l'assemblage et l'adressage. Des modèles plus récents viennent l'enrichir tels que celui de Ans, Carbonnel et Valdois (1998) qui prend en compte la dimension visuo-attentionnelle de la lecture.

D'après ce modèle, un lecteur expérimenté focalise son attention sur la globalité du mot et recherche une trace dans son lexique orthographique. Si le mot est connu, il est identifié puis prononcé à l'oral. Sinon le lecteur réduit sa fenêtre visuo-attentionnelle sur des unités lexicales plus petites jusqu'à les reconnaître, puis les assemble et les produit. Pour Bedoin, l'inhibition d'un niveau (global/local) et le passage de l'un à l'autre est la cause des troubles observés.

Dans cette étude, nous mettons en place un protocole expérimental pour évaluer les liens entre l'apprentissage du langage écrit, les habiletés visuo-attentionnelles et les performances des fonctions exécutives. Notre hypothèse est que ces trois pôles seraient liés et que la faible performance en langage écrit des enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit serait due à de faibles capacités exécutives, attentionnelles et visuo-attentionnelles.

Nous avons donc proposé des épreuves évaluant ces trois pôles à deux groupes d'enfants : un groupe témoin composé de 48 enfants et un groupe composé de 16 enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit. Les résultats montrent des différences significatives entre les deux groupes et des liens entre les pôles, ce qui confirme notre hypothèse.

Mots-clés :

Cognition - Langage Ecrit – Lecture – Visuo-attention – Fonctions exécutives –
Enfant – Inhibition - Flexibilité

Abstract :

According to the double way model of Coltheart, specific written language disorders are the consequences of a deficit in the phonological word form way and/or the orthographic word form way. Some more recent models improve it like the Ans, Carbonnel and Valdois one, which adds the visual attentional reading dimension.

As maintained by this model, experimented readers focus their attention on the whole word and look for traces in their orthographic lexical representations. If the word is known, it is identified and pronounced. Either readers reduce their focal window on sub lexical units in order to recognize them, then assemble and product them. As believed by Bedoin, inhibition of a local or global level and switching from one to another is the cause of observed disorders.

In this study, we set up an experimental protocol to evaluate links between written language learning, visual attentional skills and the executive functions performances. Our hypothesis is these three points would be linked and the weak performance in written language of children with specific disorders would be due to the executive functions and visual attentional deficit.

We suggested 48 children of a control group and 16 children of a pathologic group to take some tests in order to evaluate these three points. The findings show significant differences between the two groups and relations between the points, that confirm our hypothesis.

Keywords :

Cognition – Written language – Reading – Visuo-attentional focus – Executive functions – Inhibition - Switching

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	4
1. Modèles théoriques de la lecture	5
1.1. Modèles d'identification des mots écrits	5
1.1.1. Modèles à double-voie (Coltheart, 1987; Ellis et Young, 1988)	5
1.1.2. Modèles descriptifs alternatifs: modèles connexionnistes	7
1.1.2.1. Modèle à traitement parallèle distribué (1989, 1996)	7
1.1.2.2. Modèle ACV 98 (Ans, Carbonnel, Valdois, 1998)	7
1.2. Modèles d'apprentissage de la lecture	8
1.2.1. Modèle de U. Frith (1985)	8
1.2.1.1. L'étape logographique	8
1.2.1.2. L'étape alphabétique	8
1.2.1.3. L'étape orthographique	9
1.2.2. Modèles alternatifs d'apprentissage	10
1.2.2.1. Modèles interactifs	10
1.2.2.2. Médiation phonologique	11
1.2.2.3. Théories visuo-attentionnelles	12
2. Troubles du langage écrit	13
2.1. La Dyslexie	13
2.1.1. Définition et Généralités	13
2.1.2. Typologie des dyslexies	14
2.1.2.1. La dyslexie phonologique	14
2.1.2.2. La dyslexie de surface	14
2.1.2.3. La dyslexie mixte	14
2.1.2.4. La dyslexie visuo-attentionnelle	15
2.2. Hypothèses explicatives de la dyslexie	15
2.2.1. L'hypothèse phonologique	15
2.2.2. L'hypothèse magnocellulaire	16
2.2.3. La théorie de l'empan visuo-attentionnel (EVA)	16
3. Attention, fonctions exécutives et lecture	18
3.1. Notion d'attention exécutive	18
3.1.1. Inhibition	19
3.1.1.1. Premier temps : Résistance aux interférences	19
3.1.1.2. Deuxième temps : Mise à jour en mémoire de travail	20
3.1.1.3. Troisième temps : blocage des réponses automatiques	21
3.1.1.4. Développement de l'inhibition	21
3.1.2. Flexibilité	22
3.1.3. Contrôle exécutif	23
3.2. Les processus visuo-attentionnels et la lecture	24
3.2.1. Influences attentionnelles dans la lecture	24
3.2.2. Influences exécutives dans la lecture	25
3.2.3. Conclusion	27
Sujet, Problématique et hypothèses	28
	31
1. Matériel et méthodes	32
1.1. Présentation de la population :	32
1.1.1. Présentation générale	32
1.1.2. Critères d'inclusion	33
1.1.2.1. Enfants normo-lecteurs	33

1.1.2.2.Enfants avec trouble spécifique du langage écrit.....	33
1.1.3.Recrutement.....	35
1.2.Présentation des épreuves.....	36
1.2.1.Epreuves du pôle langage écrit.....	36
1.2.1.1.Alouette (Levafrais, 1965).....	36
1.2.1.2.La BALE : Batterie Analytique du Langage Ecrit (2001).....	37
1.2.2.Epreuves du pôle visuo-attentionnel.....	37
1.2.2.1.Focal Divi (Bedoin et al, en développement).....	37
1.2.2.1.1.Composition de l'épreuve.....	38
1.2.2.1.2.Mise en place.....	39
1.2.2.1.3.Déroulement.....	39
1.2.2.2.La Baleine Paresseuse (Decourchelle et Exertier, 2002).....	39
1.2.3.Epreuves du pôle attentionnel – exécutif (Nepsy (1997) et Nepsy II (2012), Korkman).....	40
1.2.3.1.Barrage visuel	40
1.2.3.2.Epreuve d'attention auditive.....	41
1.2.3.3.Epreuve d'inhibition.....	42
1.3.Déroulement du protocole	44
Résultats.....	45
1.Déroulement des analyses statistiques.....	46
1.1.Analyse descriptive.....	46
1.1.1.Pôle Langage Ecrit.....	46
1.1.1.1.Lecture de mots.....	46
1.1.1.2.Temps de lecture.....	47
1.1.1.3.Dictée de mots.....	47
1.1.2.Pôle visuo-attention.....	47
1.1.2.1.Fenêtre de copie.....	47
1.1.2.2.Focal Divi.....	48
1.1.2.2.1.Blocs « Global ».....	48
1.1.2.2.2.Blocs « Local ».....	49
1.1.3.Pôle Fonctions exécutives.....	49
1.1.3.1.Epreuve d'Inhibition.....	49
1.1.3.2.Epreuve Attention Auditive.....	50
1.1.3.2.1.Subtest Attention Auditive.....	50
1.1.3.2.2.Subtest Réponses Associées.....	51
1.1.3.2.3.Attention visuelle : Barrage	52
1.2.Analyse non-descriptive	52
1.2.1.Corrélations entre les compétences évaluées.....	53
1.2.1.1.Corrélations entre langage écrit et visuo-attention.....	53
1.2.1.2.Corrélations entre langage écrit et fonctions exécutives.....	54
1.2.1.3.Corrélations entre visuo-attention et fonctions exécutives.....	55
1.2.2.Différences significatives entre les populations.....	56
1.2.2.1.Pôle langage écrit	56
1.2.2.2.Pôle visuo-attention.....	57
1.2.2.3.Pôle fonctions exécutives.....	59
Discussion.....	61
1.Rappel des objectifs de l'étude.....	62
2.Discussion des résultats	62
2.1.Hypothèse opératoire n°1.....	62
2.1.1.Temps de lecture et attention auditive.....	63
2.1.2.Scores en lecture de mots et inhibition.....	63

2.1.3.Orthographe, inhibition et attention visuelle.....	64
2.2.Hypothèse opératoire n°2.....	65
2.3.Hypothèse opératoire n°3.....	67
2.4.Hypothèse opératoire n°4	68
2.4.1.Pôle langage écrit	68
2.4.2.Pôle visuo-attentionnel.....	69
2.4.3.Pôle exécutif et attentionnel	69
2.5.Hypothèse principale.....	70
3.Critique de la méthodologie.....	71
3.1.La population.....	71
3.2.Le protocole.....	73
3.3.Analyse des résultats.....	75
Conclusion.....	76
Bibliographie.....	79
Liste des annexes.....	87

Introduction

*« La vertu paradoxale de la lecture est de nous abstraire du monde
pour lui trouver un sens. » (Daniel Pennac)*

L'apprentissage de la lecture est indispensable à tout individu pour appréhender et comprendre pleinement son environnement. De nos jours, avec l'omniprésence de l'audio-visuel dans la société, il est de plus en plus nécessaire de savoir lire, tant pour accéder à l'information que pour s'intégrer professionnellement et socialement.

A l'école, la lecture est la base de tous les apprentissages. Mais elle est aussi source de plaisir et de découverte pour l'enfant. " *La lecture est un voyage de l'esprit, une agréable absence de la vie et de soi-même.* " (Alphonse Karr)

Actuellement, on compte de nombreux enfants présentant des troubles du langage écrit. Selon un rapport de l'I.N.S.E.R.M (2007), « les enfants en difficultés d'apprentissage de la lecture en début de scolarité sont nombreux, entre 5 % et 15 % selon les recensements ». Les recherches autour de ce trouble se sont étendues depuis l'apparition du courant neuro-cognitiviste, et beaucoup d'hypothèses explicatives ont vu le jour au cours des dernières décennies. Cependant, encore aujourd'hui, il est difficile de définir précisément ces difficultés. Il n'existe pas de consensus autour de la notion de dyslexie et différentes conceptions s'opposent.

Le modèle le plus couramment utilisé dans les recherches est celui de Coltheart (1978, 1993, 2001) selon lequel la lecture serait permise par deux voies différentes en fonction du niveau de l'enfant : la voie d'assemblage et la voie d'adressage. Ce modèle est aujourd'hui controversé mais il reste fondamental pour permettre une meilleure compréhension des difficultés de langage écrit.

La plupart des hypothèses explicatives portent sur l'atteinte de la voie d'assemblage qui serait due à un trouble plutôt phonologique (Snowling, 2000, Vellutino, 2004). Néanmoins, certains auteurs ont recherché l'origine d'un trouble isolé de la voie d'adressage (Bosse, Tainturier, Valdois, 2004 ; Bedoin, Keïta, 2010) et supposent que l'acquisition de cette voie serait dépendante de bonnes capacités visuo-attentionnelles.

Le concept de fonctions exécutives, susceptible de préciser la nature des compétences visuo-attentionnelles, demeure, quant à lui, imprécis et difficilement

définissable malgré l'augmentation du nombre d'études sur le sujet. De plus, la littérature ne compte que peu d'études portant sur les relations qui unissent la lecture aux fonctions exécutives et attentionnelles. C'est dans ce cadre que s'insère notre recherche.

Notre objectif est d'étudier les relations entre les compétences de langage écrit (lecture, écriture) et les capacités exécutives (inhibition, mémoire de travail, flexibilité) et visuo-attentionnelles. Ce travail de recherche vise à mieux comprendre les bases fonctionnelles sur lesquelles il serait ensuite possible d'amener de nouvelles pistes rééducatives à la pratique orthophonique.

Nous avons donc mis en place un protocole évaluatif des troubles du langage écrit, des fonctions exécutives et des compétences visuo-attentionnelles basé sur des tests existants et déjà étalonnés pour ensuite chercher d'éventuelles corrélations entre ces différentes compétences cognitives. Notre étude compare une population d'enfants normo-lecteurs et une population d'enfants pris en charge en orthophonie dans le cadre d'un trouble spécifique du langage écrit.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Modèles théoriques de la lecture

1.1. Modèles d'identification des mots écrits

1.1.1. Modèles à double-voie (Coltheart, 1987; Ellis et Young, 1988)

Grâce aux données recueillies chez l'adulte, les auteurs ont proposé un modèle théorique où sont spécifiées les différentes étapes cognitives intervenant dans la lecture de mots.

Selon eux, on doit différencier deux voies de traitement du mot écrit:

- une voie lexicale, utilisée pour la lecture de mots connus par le lecteur
- une voie non-lexicale, utilisée pour déchiffrer les mots que le lecteur découvre (mots inconnus et non-mots).

Le modèle d'Ellis et Young (Annexe 1 p. A3) reprend les étapes de traitement du mot écrit:

- Le système d'analyse visuelle permet l'identification des lettres et l'encodage de leur position.
- Le lexique orthographique d'entrée permet d'orienter les formes graphiques vers l'une des deux voies en fonction du stimulus:
 - ➔ Un mot peut être identifié par assemblage (utilisation de la voie non-lexicale) lorsque la suite graphémique donnée à lire constitue un mot qui n'est pas présent dans le lexique mental du sujet (mots inconnus ou non-mots). Le mot est alors segmenté en graphèmes qui sont tour à tour codés phonologiquement grâce au système de correspondances grapho-phonémique qui conserve les règles de conversion entre les graphies et les phonèmes de la langue. Il est ensuite reconstitué pour la production orale du mot entier.
 - ➔ Si le mot est déjà connu du lecteur, le traitement se fait par la voie d'adressage (ou voie lexicale). L'activation de la forme orthographique du mot dans le lexique entraîne alors directement l'activation de sa forme phonologique, en passant, ou non, par le système sémantique. L'accès à la forme phonologique du mot est donc plus rapide car plus directe.

Les deux voies convergent au niveau du système de mémoire « tampon » ou « buffer phonémique » qui joue un rôle dans la préparation de la réponse orale. Ellis et Young parlent de régulateur. Ce système ordonne les sons à prononcer pour permettre la bonne articulation du mot à voix haute. L'articulation d'un mot lu ne peut se faire sans difficulté que si tous les modules sont intègres.

Coltheart *et. al.* ajoutent, dans leur modèle à double voie en cascade ou DRC (2001), que les voies de lecture sont composées de plusieurs niveaux qui interagissent les uns avec les autres. L'information se propage en cascade d'un module à l'autre.

La voie lexicale serait composée de 3 niveaux de traitement hiérarchiques comportant des informations sur les traits des lettres (1^{er} niveau), les lettres (2^{ème} niveau) puis les mots (3^{ème} niveau). Chaque unité (traits, lettres, mots) envoie des connexions excitatrices ou inhibitrices aux autres unités du même niveau ou d'un autre niveau. L'activation des lettres correspondant aux traits analysés et l'inhibition des lettres qui n'y correspondent pas vont permettre d'activer une unité lexicale (mot) qui atteindra alors le seuil critique d'activation, le mot sera alors reconnu.

Ces modèles à deux voies offrent un cadre théorique plus précis permettant de distinguer les différents types de dyslexies. Cependant, ils ne permettent pas d'appréhender comment le système de lecture se développe chez l'enfant (Janiot M., Casalis S., 2012). De plus, les deux tiers des dyslexies étant mixtes (Castles et Coltheart 1993), il est légitime de se demander si ces modèles peuvent convenir à l'étude de la dyslexie. Ils sont cependant intéressants pour expliquer les effets de fréquence et de régularité et pour rendre compte des différentes erreurs rencontrées chez les dyslexiques.

Ce modèle ne permet pas non plus d'appréhender les procédures de lecture des enfants qui utilisent des techniques d'amorçage comme l'oralisation et la recherche du sens. En effet, pour lire un mot, certains enfants déchiffrent le début du mot puis la suite jusqu'à retrouver une forme orale sémantiquement possible du mot : « es, escar, escargot ! ».

1.1.2. Modèles descriptifs alternatifs: modèles connexionnistes

1.1.2.1. Modèle à traitement parallèle distribué (1989, 1996)

Nous avons vu, dans le modèle à double voie de Coltheart *et al.*, que les mots étaient lus grâce à la voie d'adressage qui utilise les connaissances stockées dans le lexique mental du lecteur, tandis que les mots inconnus et les pseudo-mots étaient lus grâce à la voie d'assemblage qui requiert l'utilisation d'un système de conversion graphème-phonème. Il y aurait donc, selon Coltheart, deux procédures distinctes de reconnaissance des mots en fonctions des stimuli proposés au sujet.

Plaut, Seidenberg et McClelland (1989, 1996) ont proposé un modèle en opposition à cette conception selon lequel le lecteur utiliserait une seule et même procédure pour lire tous les mots et pseudo-mots. En effet, il se servirait des connaissances orthographiques stockées dans son lexique mental pour reconnaître les mots connus mais aussi les mots inconnus ou les pseudo-mots en comparant les morphèmes à lire aux morphèmes déjà rencontrés. Ce modèle est cependant critiqué pour son incapacité à simuler la lecture des pseudo-mots et des mots plurisyllabiques. L'hypothèse évoquée ne semble donc pas pouvoir s'imposer comme une alternative satisfaisante aux modèles à double-voie.

1.1.2.2. Modèle ACV 98 (Ans, Carbonnel, Valdois, 1998)

Ce modèle offre une conception différente des processus de reconnaissance des mots et donne un cadre théorique intéressant à l'étude de la dyslexie. Il prend en compte la dimension visuo-attentionnelle de la lecture, hypothèse à laquelle notre étude portera un intérêt particulier.

Les auteurs décrivent deux procédures de lecture distinctes utilisées de façon séquentielle. Face à un stimulus orthographique, le lecteur opère une focalisation visuelle globale, son attention porte sur le mot entier. Il cherche une trace du mot dans sa mémoire épisodique. Deux cas sont alors possibles: si le mot a déjà été rencontré, il est alors identifié et donc prononcé; si le mot ne peut pas être identifié, s'effectue alors un resserrement de la focalisation attentionnelle (ou fenêtre attentionnelle) sur des unités plus petites du mot pouvant être identifiées, stockées puis assemblées pour aboutir à la prononciation du mot.

1.2. Modèles d'apprentissage de la lecture

1.2.1. Modèle de U. Frith (1985)

Le modèle d'apprentissage de la lecture le plus répandu est celui de la psychologue anglaise Uta Frith, selon lequel cette acquisition suit trois étapes successives: l'étape logographique, l'étape alphabétique et l'étape orthographique. Ces trois étapes correspondent à trois stratégies différentes d'identification des mots écrits.

La caractéristique principale de ce modèle est la notion de successivité: chaque étape se met en place grâce aux acquis des étapes précédentes.

Cette notion, qui est la plus controversée, a donné lieu à des modèles alternatifs que nous aborderons plus tard.

1.2.1.1. L'étape logographique

Entre 4 et 6 ans, l'enfant reconnaît certains mots écrits (ex: logos, marques, étiquettes-prénoms etc.) et accède à leur sens grâce à des traits saillants et au contexte dans lequel ils sont rencontrés. Il reconnaît alors les mots comme un tout. Il n'y a cependant pas encore de véritable acte de lecture, il n'y a pas d'identification du mot propre mais plutôt un accès au contexte, à l'environnement du mot. Il n'y a pas de différenciation des mots proches, un même contexte entraîne une même prononciation.

L'enfant mémorise progressivement des indices internes, des traits saillants des mots (répétition d'une lettre, présence d'un accent...) qui lui permettent d'avoir une reconnaissance centrée sur le mot et non plus sur son contexte. Les erreurs d'identification sont nombreuses car le «lexique logographique» de l'enfant est encore réduit. Les confusions sont de plus en plus fréquentes à mesure que le nombre de mots à mémoriser augmente. Cette stratégie devient donc insuffisante, d'où l'apparition d'une nouvelle méthode.

1.2.1.2. L'étape alphabétique

Au terme de l'étape précédente, le processus d'identification est centré sur le mot et non plus sur son contexte, cela permet à l'enfant de prendre conscience de l'existence des unités sub-lexicales des mots, puis de les identifier.

Vers 5 – 6 ans, grâce au développement de la conscience phonologique, l'enfant met en correspondance la chaîne parlée et les unités écrites. Grâce à l'apprentissage explicite du langage écrit, il comprend que ces correspondances ne sont pas arbitraires mais qu'elles sont définies par un code systématique (Mousty & Leybaert, 1999).

Cette étape est caractérisée par U. Frith (1985) comme la connaissance et l'utilisation des phonèmes, des graphèmes et de leur correspondance. L'enfant adopte alors une stratégie analytique et systématique, il décode chaque graphème en utilisant des conversions grapho-phonémiques. C'est la description de l'utilisation de la voie d'assemblage du modèle à deux voies de Coltheart (*Blaudeau, 2009*). Cette stratégie permet à l'enfant de lire à la fois les mots réguliers (ex: maison, vélo ...) et les non-mots (ex: channedu, fovripé ...), à la différence du stade logographique qui ne permettait de lire que les mots familiers, connus.

La conscience phonologique, les habiletés métaphonologiques mais aussi la capacité à distinguer la séquence des lettres dans les mots ont ici un rôle crucial. Le passage à l'étape alphabétique suggère donc d'avoir développé des capacités d'analyse à la fois auditive et visuelle.

L'utilisation de cette stratégie deviendra insuffisante car elle engendre des régularisations lors de la lecture de mots irréguliers (ex: monsieur, oignon ...), l'enfant lit les mots comme ils sont écrits et non comme ils se prononcent, il aura donc une mauvaise compréhension des énoncés composés de mots irréguliers. De plus, cette stratégie entrave la fluidité de la lecture et donc l'accès au sens, d'où l'arrivée d'une dernière étape: l'étape orthographique.

1.2.1.3. L'étape orthographique

C'est le stade de la lecture experte. Vers 7 ans, l'enfant commence à mémoriser les unités orthographiques des mots et les analyse instantanément, le processus de lecture ne passe plus par la conversion grapho-phonémique.

On peut rapporter cette stratégie à la voie d'adressage du modèle à double voie: «Le mot lu, lorsqu'il a été rencontré suffisamment souvent pour devenir familier, est «adressé» à un lexique interne qui le reconnaît sur sa forme visuelle globale sans avoir besoin de passer par sa correspondance sonore.» (*Habib, 1997*). En effet, les mots sont représentés dans un lexique interne sous la forme de suites abstraites de lettres. Ce stock est limité mais peut être utilisé, par analogie, pour créer des

combinaisons nouvelles et donc lire un nombre illimité de mots et de non-mots (ex: «moute» sera lu grâce à l'analyse de son voisinage orthographique: moule, route, meute etc.). Cette stratégie permet un accès plus direct, plus rapide à la signification du mot et à sa phonologie.

C'est l'automatisation de cette voie, grâce à la répétition des présentations, qui permet à l'élève d'atteindre une lecture experte, où l'adressage est utilisé presque exclusivement.

1.2.2. Modèles alternatifs d'apprentissage

1.2.2.1. Modèles interactifs

L'un des arguments majeurs allant à l'encontre du modèle développemental de Frith tient au fait que l'auteur propose une conception uniquement séquentielle de l'acquisition de la lecture: chaque procédure doit être abandonnée pour laisser place à la suivante, il n'y a donc pas d'interaction entre les étapes.

Cette notion de successivité a amené plusieurs auteurs (Seymour, 1990; 1997 Perfetti, 1989) à proposer des modèles plus souples: les modèles interactifs.

Selon Seymour, les deux premiers stades (étape logographique et alphabétique) coexistent et forment une «double fondation» pour l'apprentissage de la lecture: la procédure logographique permet le stockage de parties de mots et de mots entiers, tandis que la procédure alphabétique permet le traitement des lettres et le codage phonologique.

Le modèle comporte aussi d'autres modules tels que le processeur orthographique et le processeur morphologique.

Le processeur orthographique contient les traces spécifiques laissées par le conflit entre le processeur logographique (mot global) et le processeur alphabétique (unités sublexicales) lors de la reconnaissance de mots irréguliers. Ce processeur serait capable de généraliser les connaissances acquises à partir des mots déjà rencontrés, permettant ainsi au lecteur apprenant d'accéder à une lecture experte. Après ce processeur, intervient le processeur morphologique qui intègre la structure morphologique des mots. Il fait donc le lien entre les représentations linguistiques du mot (contenues dans le module de la conscience linguistique) et certains des segments de celui-ci.

Perfetti (1997), quant à lui, suppose, dans son «modèle interactif restreint», une double activation des étapes alphabétique et orthographique, qui serait à l'origine d'une amélioration de la précision de la lecture au cours de l'apprentissage.

Enfin, Share (2004) a proposé une hypothèse d'«auto-apprentissage» des formes orthographiques des mots selon laquelle l'identification d'un nouveau mot par la procédure analytique (voie d'assemblage) donnerait l'opportunité d'acquérir les informations spécifiques à l'orthographe de ce mot. Share (2004) montre qu'un petit nombre de présentations du mot suffirait à l'enfant pour qu'il garde en mémoire la forme orthographique du mot. Cet auto-apprentissage a été testé par la présentation de pseudo-mots intégrés dans des histoires à lire à haute voix: trois jours après la lecture de ces textes, il a été démontré que les enfants identifiaient les cibles plus rapidement et les épelaient avec plus de précision. La mise en mémoire des formes orthographiques serait donc stable car les connaissances se maintiennent à long terme.

De plus, selon lui, l'habileté à traduire une suite de lettres en mot prononcé oralement (recodage phonologique) offre la possibilité d'identifier de nouveaux mots en généralisant cet apprentissage à d'autres suites de lettres.

1.2.2.2. Médiation phonologique

Selon Rubenstein, et Lewis (1971) ; Carello, Turvey, et Lukatela (1992), Van Orden, Stone, Garlington, Markson, Pinnt, Simonfy, et Bricchetto, 1992) cités par Ludovic Ferrand (1995), les mots écrits sont convertis en code phonologique avant l'accès aux représentations lexicales. L'accès au sens du mot lu nécessite donc une médiation phonologique, c'est-à-dire un accès à la représentation phonologique du mot qui activerait à son tour sa représentation lexicale. Cette hypothèse contredit le modèle à deux voies de Coltheart, abordé précédemment, qui propose, en plus de la voie passant par les représentations phonologiques, un accès direct aux représentations lexicales lors de la lecture de mots connus. Cette théorie de la médiation phonologique reposerait sur l'idée ancienne que l'accès aux représentations lexicales devrait nécessairement impliquer des représentations phonologiques car la parole est la base du développement de l'enfant avant l'acquisition de la lecture (Ferrand, 1995).

Cependant, dans une étude de L. Sprenger-Charolles, D. Béchenec et P. Lacert (1998), portant sur des élèves de fin de CP, les auteurs ont pu vérifier l'hypothèse selon laquelle les enfants francophones se constitueraient très rapidement un lexique orthographique et qu'ils auraient aussi recours à la médiation phonologique dès le début de l'apprentissage de la lecture.

En effet, on peut observer des effets de fréquence (en lecture et en écriture) et de lexicalité (en lecture) dès la fin du CP. Le lexique orthographique se met donc en place progressivement dès le début de l'apprentissage. Cependant, la procédure lexicale ne remplace pas totalement la médiation phonologique car l'effet de régularité s'observe pendant toute l'année de CP et les erreurs de régularisation augmentent vers la fin du CP. Il y a donc coexistence entre les deux procédures (phonologique et lexicale) dès la première année d'apprentissage de la lecture.

1.2.2.3. Théories visuo-attentionnelles

De nombreuses études montrent l'importance du traitement phonologique dans l'acquisition du langage écrit (Ehri, 2005; Vellutino et Fletcher, 2004). Cependant, certaines études montrent que les variabilités inter-individuelles au niveau de la conscience phonologique ne peuvent expliquer à elles seules les différences de capacités de lecture et d'orthographe des enfants (Cunningham, Perry, Stanovich et Share, 2002). Des recherches ont permis de mettre en évidence d'autres facteurs d'apprentissage tels que la dénomination rapide (de Jong et Van der Leij, 2003) ou encore l'empan visuo-attentionnel (Bosse, Valdois, Dompnier, 2009). En effet, une étude menée par Bosse et Valdois auprès d'enfants tout-venant du CP au CM2 a démontré que la variabilité de l'empan visuo-attentionnel pouvait expliquer une partie des disparités au niveau des capacités de lecture entre les enfants apprenants.

Par ailleurs, Bundesen (1990, 1998, cité par Bosse, Valdois, Dompnier, 2009) a proposé une théorie selon laquelle le traitement d'une suite de lettres dépendrait de l'efficacité de l'analyse sensorielle de chaque lettre et du poids attentionnel attribué à chaque élément, c'est-à-dire de la qualité de l'attention visuelle portée sur chaque élément simultanément. Il a été démontré que les lecteurs apprenants présentaient des performances plus faibles au niveau du traitement des suites de lettres par rapport aux lecteurs experts, alors que leur traitement des lettres isolées est aussi efficace (Pelli, Burns, Farell et Moore-Page, 2006). Cela pourrait s'expliquer par la

faiblesse des capacités de distribution de l'attention visuelle sur un ensemble d'éléments à analyser, chez le lecteur débutant (Bosse, Valdois, Dompnier, 2009).

Bedoin *et al.* (2010), quant à eux, conçoivent les difficultés de lecture comme un défaut d'inhibition au niveau de la focalisation attentionnelle. La lecture d'un mot implique une focalisation attentionnelle globale pour un accès direct au sens ou une focalisation plus locale pour reconnaître les unités sub-lexicales en cas de mot inconnu. Pour ces auteurs, c'est la déficience d'inhibition d'un niveau sur l'autre (global sur local ou inversement) qui provoquerait les erreurs observées.

2. Troubles du langage écrit

2.1. La Dyslexie

2.1.1. Définition et Généralités

La dyslexie développementale est un trouble spécifique de l'apprentissage du langage écrit. La Classification Internationale des Maladies CIM-10 et le Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux, le DSM-V proposent plusieurs critères pour caractériser ce trouble.

- Le critère de discordance, les sujets dyslexiques révèlent un écart entre la réussite dans des épreuves liées à la lecture et celle dans d'autres épreuves cognitives telles que le quotient intellectuel.
- Les critères d'exclusion incluant l'absence de troubles neurologiques, sensorielles, psychiatriques et psychologiques ainsi que l'absence de carences socioculturelles et d'une scolarité non favorable au bon déroulement de l'apprentissage de la lecture. Si l'un de ses critères est présent, on parle alors de trouble secondaire du langage écrit.

Le DSM-V (qui ne parle plus de dyslexie mais parle plutôt de troubles spécifiques), rajoute que sans outils et sans aides qui permettent à l'enfant de compenser ses difficultés, les troubles compromettent de manière importante la réussite scolaire.

La dyslexie se caractérise par sa persistance, sa durabilité et sa résistance à la rééducation orthophonique et est à distinguer du retard comme l'ont prouvé des

études longitudinales (Francis, Shaywitz, Stuebing, Shaywitz, & Fletcher, 1996 ; Scarborough & Dobrich, 1990 ; Shaywitz, Fletcher, & Shaywitz, 1995 ; Sprenger-Charolles, Cole, Laceret, & Serniclaes, 2000). En effet un retard est un décalage par rapport à une norme attendue. La différence entre « retard » et « trouble » est que le retard peut être rattrapé alors qu'un trouble persiste à vie.

Il existe différents types de dyslexies, caractérisés par l'atteinte préférentielle d'une des voies de lecture.

2.1.2. Typologie des dyslexies

2.1.2.1. La dyslexie phonologique

La dyslexie phonologique se présente comme l'incapacité à utiliser la voie phonologique, la voie par assemblage dans le modèle à double voie, qui consiste à faire correspondre chaque graphème à un phonème.

Cette incapacité provoque des difficultés de lecture pour les mots inconnus et pseudo-mots : omissions, substitutions, simplifications, inversions de graphèmes. On remarque aussi des lexicalisations (transformation de pseudo-mots en mots) et un effet de fréquence (les mots fréquents sont lus plus rapidement) qui témoignent de l'utilisation préférentielle de la voie d'adressage.

2.1.2.2. La dyslexie de surface

La dyslexie de surface est le résultat de l'atteinte de la voie par adressage du modèle à double voie. Les mots rencontrés n'étant pas stockés dans la mémoire à long terme, l'enfant doit donc passer par le déchiffrement donc par la voie d'assemblage et ceci pour chaque mot, ce qui donne une lecture lente et ânonnée. La lecture de pseudo-mots et de mots réguliers est donc difficile mais possible, contrairement à la lecture des mots irréguliers qui subissent alors des régularisations. Par exemple, « monsieur » sera lu /m on s i eu r/.

2.1.2.3. La dyslexie mixte

La dyslexie mixte est l'atteinte des deux voies de lecture. Elle associe donc des difficultés de déchiffrement des graphèmes et un lexique interne pauvre. La compréhension est donc fortement compromise.

2.1.2.4. La dyslexie visuo-attentionnelle

D'après Valdois, Gérard, Vaneau et Dugas (1995), la dyslexie visuo-attentionnelle se distingue par une lenteur en lecture des mots et pseudo-mots sans effet de fréquence ou de régularité. Cette lenteur s'accompagne d'erreurs visuelles (omissions, sauts de mots et lignes...).

Selon Bosse, Tainturier & Valdois (2004), il existerait aussi un effet positionnel : (*i.e.* les graphèmes seraient plus ou moins bien lus en fonction de leur position dans le mot) lié à une mauvaise focalisation attentionnelle.

2.2. Hypothèses explicatives de la dyslexie

2.2.1. L'hypothèse phonologique

L'acquisition du langage écrit nécessite plusieurs pré-requis dont la bonne perception de la parole. En effet, il faut que l'enfant comprenne que la forme orthographique d'un mot correspond à sa forme orale. Il doit prendre conscience qu'un code a été conçu pour pouvoir retranscrire l'oral à l'écrit et donc qu'un phonème correspond à un graphème. L'enfant va donc s'appuyer sur ce qu'il entend pour écrire les mots inconnus. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir une bonne perception de la parole (conscience phonologique) et d'avoir acquis de bonnes habiletés métalinguistiques sub-lexicales.

L'hypothèse phonologique suppose que les personnes dyslexiques ont une conscience phonologique déficitaire, c'est-à-dire que le codage des représentations phonologiques ne serait pas totalement efficient. (Rack, Snowling, Olson 1992)

En effet, plusieurs études ont démontré la présence de déficits dans des tâches impliquant la phonologie chez les dyslexiques par rapport aux normo-lecteurs:

- La conscience phonologique et phonémique, c'est-à-dire segmenter, omettre, ajouter des phonèmes ou syllabes (Snowling, 2000; Vellutino *et al.*, 2004)
- La dénomination rapide et la fluence phonémique (Frith, Landerl & Frith 1995, Wolf & Bowers, 1999)
- La mémoire à court terme verbale mesurée par l'épreuve de répétition de pseudo-mots (Griffiths & Snowling, 2002; Elbro, Borstrom, & Petersen, 1998)

Toutefois Castles & Coltheart (2004) remettent cette hypothèse en question, en effet, ils considèrent que certaines des compétences métaphonologiques se mettent en place avec l'acquisition de la lecture ; les relations entre métaphonologie et lecture relèvent donc davantage de la co-construction que de la causalité.

2.2.2. L'hypothèse magnocellulaire

D'après Livingstone, Rosen, Drislane & Galaburda (1991), la dyslexie pourrait résulter de l'atteinte du système magnocellulaire dont le rôle est la détection du mouvement, l'orientation des yeux vers la cible et l'orientation de l'attention sur cette cible, après avoir repéré la forme d'une manière grossière. C'est ensuite le système parvocellulaire qui traite les détails, la couleur et enfin la reconnaissance visuelle. Ce dernier serait intact chez les dyslexiques.

L'atteinte du système magnocellulaire entraîne un mauvais traitement au niveau visuel, ce qui pourrait entraîner les difficultés repérées chez les dyslexiques (Lovegrove *et al.*, 1986, Cornelissen *et al.*, 1995, Demb, Boynton & Heeger, 1998, Pavlidis, 1981, 1985).

Cependant dans sa revue de la littérature, Skottun (2000) met de côté cette théorie. En effet, sur 22 études la concernant, seules 4 sont en accord avec cette hypothèse et 11 la contredisent. Nous ne développerons donc pas plus cette hypothèse.

2.2.3. La théorie de l'empan visuo-attentionnel (EVA)

Cette théorie s'appuie sur le modèle multi-trace de Ans, Carbonnel et Valdois de 1998 qui suppose que les dyslexies pourraient résulter d'un dysfonctionnement de la voie phonologique du modèle ou de la fenêtre visuo-attentionnelle qui délimite la quantité d'information orthographique pouvant être traitée à chaque étape de la lecture.

Ce modèle parle d'une procédure de lecture, qui est dans un premier temps globale pour les mots familiers et qui devient plus analytique lorsque le mot n'est pas reconnu. La différence entre ces deux étapes est alors la taille de la fenêtre visuo-attentionnelle qui s'adapte à la taille des unités sublexicales reconnues et l'implication de la mémoire de travail phonologique. De manière globale, la fenêtre visuo-attentionnelle (VA) s'étend à tout le mot et permet un traitement immédiat du

mot. De façon analytique, la fenêtre VA s'arrête sur une syllabe ou un graphème, l'analyse et passe à l'unité suivante.

Cela entraîne donc que l'atteinte de ces composantes visuo-attentionnelles peut entraîner plusieurs formes de dyslexies. Pour les mots fréquents, généralement lus de manière globale, la lecture peut être altérée par une réduction de la fenêtre VA qui conduit le sujet à adresser des unités sublexicales inférieures puis à les assembler ce qui entraîne l'implication de la mémoire de travail (charge cognitive supplémentaire pouvant être source d'erreurs). Les mots non familiers ne seront pas altérés par cette réduction parce qu'ils sont généralement lus de manière locale.

Suite à ce modèle, Bosse, Tainturier et Valdois (2007) ont donc introduit la notion d'Empan Visuo-Attentionnel (EVA) définie comme la quantité d'éléments visuels distincts qui peuvent être traités simultanément dans une configuration de plusieurs éléments. Pour la lecture, cela correspond au nombre de lettres distinctes pouvant être analysées en une fixation.

Dans leur étude, les auteurs ont comparé 68 enfants dyslexiques à 55 enfants contrôles du même âge. Des épreuves de lecture, des épreuves phonologiques et des tâches de report global et partiel de lettres (consistant à dénommer verbalement tous les items d'une séquence de plusieurs éléments présentés visuellement pendant un temps suffisamment restreint pour limiter les saccades oculaires) ont été proposées. Les résultats ont montré que le groupe des enfants dyslexiques présentait un trouble phonologique mais aussi un trouble de l'EVA. Une analyse du niveau de performance phonologique et visuo-attentionnelle a donc été faite pour chaque enfant dyslexique. Il s'est révélé que la plupart (60%) présentaient un trouble isolé, soit phonologique, soit de l'EVA, et que la fréquence des deux troubles étaient relativement équivalente. Il y a donc une dissociation de ces deux troubles.

Un déficit de l'EVA peut donc entraîner les difficultés de lecture observées chez les enfants dyslexiques.

Cependant, les items de cette étude étaient composés de suites de lettres, (uniquement des consonnes), non porteuses de sens. Cette expérimentation ne représente donc pas les conditions naturelles de la lecture. En effet il est plus simple de retenir la suite de lettres du mot « lapin », que la suite de lettres de l'item « ghmpz ». Ces deux items ont pourtant le même nombre de lettres mais l'un active une représentation mentale et pas l'autre. Peut-on donc affirmer que l'enfant a un

empan visuo-attentionnel inférieur à 5 s'il n'arrive pas à restituer « ghmpz » alors qu'il y arrive pour « lapin » ? Il est donc possible que les résultats de cette épreuve ne soient pas transférables à la lecture.

De plus, pour évaluer l'empan mnésique, nous proposons de mémoriser des suites de chiffres de plus en plus longues, à partir de 3 chiffres et jusqu'à 7 ou 8 chiffres. Or, ici, tous les items sont constitués de 5 lettres, il n'y a pas d'augmentation de la quantité d'éléments à mémoriser et les sujets doivent être capables de se rappeler 5 éléments pour réussir l'épreuve. Cette expérimentation évaluerait alors la capacité à se souvenir, ou non, de 5 items et non pas à étendre sa fenêtre visuo-attentionnelle pour analyser un certain nombre de lettres simultanément lors de la lecture d'un mot.

3. Attention, fonctions exécutives et lecture

3.1. Notion d'attention exécutive

Fernandez-Duque et Posner (2001) divisent l'attention en trois fonctions principales :

- la vigilance permettant de mettre en œuvre et de maintenir un état d'alerte plus ou moins soutenu
- l'orientation de l'attention vers l'information sensorielle
- l'attention sélective qu'ils qualifient plutôt d'attention exécutive

En effet, la composante sélective de l'attention est davantage reliée aux fonctions exécutives car elle nécessite des capacités de flexibilité et d'inhibition des informations non-pertinentes (Laigle, 2011).

L'attention exécutive permet, selon Fernandez-Duque et Posner, l'anticipation et la réalisation des actions. Elle est composée de plusieurs processus:

- L'inhibition qui permet la focalisation de l'attention uniquement sur les informations à traiter en désactivant l'orientation attentionnelle vers les informations non-pertinentes.
- La flexibilité («switching») qui permet la bascule attentionnelle d'une tâche à une autre ou d'un stimulus à un autre.
- Le contrôle exécutif qui permet la détection d'erreurs, la résolution de conflits (choix de l'activité cognitive la plus importante) et l'allocation des ressources attentionnelles (ou focalisation attentionnelle).

3.1.1. Inhibition

L'inhibition est, d'après Barkley (1997), Carlson et Moses (2001), cités par Altemeier (2008), l'habileté la plus importante des fonctions exécutives, elle soutient le développement des autres fonctions exécutives (flexibilité mentale et mise à jour). Cette composante repose en partie sur un réseau neuronal dédié (Moret et Mazeau, 2013). « C'est un processus permettant la suppression d'informations et de schémas d'actions évoqués de façon automatique mais qui ne sont pas pertinents dans la situation en cours, afin de sélectionner d'autres réponses secondaires et plus appropriées à une situation précise. » (Andres, Van Der Linden, 2004, cités par Bargue, 2013).

L'inhibition permet donc, d'une part, de différer une réponse automatique ou surapprise pour atteindre un but et, d'autre part, de « protéger » les actions effectuées vers ce but face aux interférences (Barkley, 2003).

Cette composante des fonctions cognitives est un processus dynamique et très coûteux en charge mentale qui entraîne donc une fatigue et une lenteur plus conséquentes que les processus automatisés.

Plusieurs théories soutiennent que les fonctions d'inhibition sont une famille de processus plutôt que des constructions unitaires.

Friedman et Miyake (2004) ont donc voulu examiner les relations entre 3 fonctions potentiellement séparables de l'inhibition : la résistance aux distracteurs, la résistance aux interférences proactives et l'inhibition de la réponse dominante. Leur étude leur a permis de démontrer que l'inhibition est en fait un concept en 3 temps.

3.1.1.1. Premier temps : Résistance aux interférences

Lors d'une tâche, l'individu doit procéder à un filtrage des informations (phase précoce du traitement), ou résistance aux interférences, qui est l'habileté à résister aux distractions liées aux informations de l'environnement (interférences exogènes) ou du sujet lui-même (interférences endogènes) qui ne sont pas pertinentes pour la tâche à accomplir. Ce premier temps de l'inhibition peut être évalué par une tâche de barrage de cibles.

3.1.1.2. Deuxième temps : Mise à jour en mémoire de travail

La mémoire de travail est la partie active de la mémoire à court terme. Si la mémoire à court terme sert à stocker les éléments pendant un temps court et à les restituer, la mémoire de travail a un rôle plus dynamique : elle effectue des transformations sur les éléments stockés en mémoire à court terme. (Moret et Mazeau, 2013). La mémoire de travail est dite transitoire car elle ne peut garder les éléments que quelques instants et elle ne peut garder actif qu'un certain nombre d'éléments simultanément. Son efficacité est liée à la capacité du sujet à mettre à jour les éléments qui y sont stockés, c'est le rôle de la mise à jour (fonction exécutive dédiée à la mémoire de travail, Moret et Mazeau, 2013).

Le modèle le plus influent de mémoire de travail est celui de Baddeley (2003) selon lequel la mémoire de travail serait une entité exécutive du fonctionnement cognitif en 2 niveaux:

- Le central exécutif (parfois traduit en Français par « administrateur central ») est le siège de l'attention exécutive. Il fait le lien entre la mémoire de travail et le système attentionnel supérieur (siège du contrôle exécutif) et gère plusieurs sous-systèmes (tampon phonologique, calepin visuo-spatial et tampon épisodique).
- Le tampon phonologique qui permet le traitement des informations auditivo-verbales et linguistiques (langage).
- Le calepin visuo-spatial qui rend possible la manipulation des informations visuelles. Il est mis en fonctionnement grâce à l'apparition de la permanence de l'objet, vers 8-10 mois, selon Piaget. La permanence de l'objet nécessite, en effet, la mémorisation de la présence d'un objet et de sa place.
- Le tampon épisodique qui permet le stockage temporaire des informations contenues dans la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial et aide à la récupération des éléments en mémoire épisodique (mémoire à long terme).

La mémoire de travail permet donc la recherche et l'activation d'informations en mémoire à long terme ainsi que leur mise à jour suite aux changements de l'environnement. Toutes ces opérations sont coordonnées par le central exécutif, lui-même géré par les fonctions exécutives (génération d'hypothèses, prise de

décisions, contrôle, vérification et détection d'erreurs, déduction de règles, planification par rapport à un but), selon Laigle (Journées Gnosia, 2011).

Barouillet et Camos (2004) ajoutent dans leur modèle que le traitement et le stockage des informations sollicitent des ressources attentionnelles. Or, celles-ci sont limitées. Ainsi, si, au moment du stockage, on demande une focalisation attentionnelle sur autre chose que l'information à traiter, le stockage sera altéré car l'allocation des ressources se fera sur plusieurs informations au lieu d'une.

On retrouve ici la double-tâche de Baddeley qui associe une tâche d'empan auditivo-verbal à une tâche de barrage de cases. Il a ainsi mis en évidence que, même chez l'individu normal, les résultats sont moins élevés lorsque les deux tâches sont effectuées simultanément que lorsqu'elles sont réalisées séparément.

Selon Friedman et Miyake (2004), l'individu doit donc effectuer une suppression en mémoire de travail des informations antérieurement pertinentes pour la tâche mais qui sont devenues non-pertinentes. C'est l'étape intermédiaire du traitement des informations et la deuxième phase de l'inhibition. On peut évaluer cette capacité grâce à l'épreuve de la PASAT, par exemple, où on demande au patient d'additionner des chiffres 2 à 2, présentés successivement, en inhibant l'addition précédente pour pouvoir donner un nouveau résultat.

3.1.1.3. Troisième temps : blocage des réponses automatiques

Il s'agit du blocage des réponses automatiques ou sur-apprises qui sont les plus activées. Cette 3^e étape peut être testée par des épreuves de taping (type Go No Go) où le patient doit inhiber la réponse automatique pour donner une réponse contraire.

3.1.1.4. Développement de l'inhibition

Les modélisations des fonctions exécutives décrites dans la littérature chez l'adulte sont un but à atteindre mais elles ne rendent pas compte du fonctionnement de l'enfant. Il est donc nécessaire à notre étude d'appréhender les différentes hypothèses développementales sur ces fonctions.

Selon Houdé (2011), c'est le développement de l'inhibition qui permet la progression cognitive ; « se développer, c'est apprendre à inhiber ».

Entre 5 et 7 mois, le bébé a une conduite adaptée et tournée vers un objet qui doit être directement accessible car il n'est pas capable d'inhiber la réponse directe (Zesiger, 2009). Les capacités d'inhibition d'une réponse automatique arrivent seulement entre 7 et 12 mois.

Cependant, c'est à l'âge pré-scolaire (entre 2 et 6 ans) qu'on observe le plus grand développement de la mémoire de travail et de l'inhibition.

L'inhibition d'un schème précédemment acquis (inhibition des interférences proactives, selon Friedman et Miyake, 2004) arrive plus tard, entre 3 ans ½ et 6-8 ans. On observe un plafonnement des performances aux tests permettant d'évaluer cette étape de l'inhibition (tâches avec conflit de type Go/No go) à 10-12 ans.

Diamond, Kirkham et Amso (2002), ont mis au point une tâche d'alternance «jour/nuit» dans laquelle il s'agit de dire «jour» devant une carte soleil et «nuit» devant une carte lune puis l'inverse («jour» pour lune et «nuit» pour soleil) ce qui demande d'inhiber une relation sémantique automatique et d'en proposer une contre-nature. Puis, une troisième tâche a été effectuée où ils devaient répondre « bonbon » pour « jour » et « bébé » pour « nuit », les réponses n'ont donc aucun lien sémantique et sollicitent une mémorisation. La troisième étape a été mieux réussie que la deuxième. Ils ont donc prouvé qu'avant 4 ans la charge inhibitrice dans cette tâche est plus élevée que la charge mnésique car l'inhibition n'est pas complètement développée.

3.1.2. Flexibilité

La flexibilité est définie, par Moret et Mazeau (2013), comme la capacité à changer de point de vue et à modifier un traitement cognitif lorsqu'il n'est plus adéquat. C'est la composante permettant de déplacer la focalisation attentionnelle d'un stimulus à un autre (Altemeier, 2008). Elle permet aussi d'adapter la tâche en cours lorsqu'elle ne permet pas d'aller vers le but qu'on s'est fixé à l'avance. Elle est donc indissociable de l'inhibition car elle nécessite d'inhiber le premier stimulus activé pour en activer un deuxième. Cette composante peut être évaluée par différentes tâches nécessitant l'adaptation de l'individu.

Selon Altemeier (2008), le développement de la flexibilité dépend du développement antérieur de l'inhibition, tout comme les capacités de planification et de résolution de problèmes.

Parallèlement à l'étude de l'inhibition, Zelazo et Frye (1998) se sont intéressés au développement de la flexibilité dans leur théorie de la complexité et du contrôle cognitif. Selon ces auteurs, « le développement de la flexibilité cognitive chez le jeune enfant serait caractérisé par la capacité progressive des enfants à assimiler une série de règles dans une structure hiérarchique plus complexe. » Cette complexité cognitive croissante se traduirait par l'acquisition, entre 2 et 5 ans, d'une capacité à « identifier, choisir puis modifier, de façon flexible, les règles de classement dans des situations de jeux de cartes dont les stimuli varient selon la couleur et la forme ». Les enfants pourraient, à partir de cet âge, passer d'une consigne à une autre sans difficulté (à partir de 3-4 ans selon Moret et Mazeau, 2013).

En somme, d'après Moret et Mazeau (2013), certaines tâches semblent atteindre un niveau adulte vers 12 ans (attention, mémoire de travail, inhibition), d'autres ont une maturation plus tardive et continuent de se développer jusqu'à la fin de l'adolescence (flexibilité, stratégies, résolution de problèmes).

3.1.3. Contrôle exécutif

Friedman *et al.* (2000), cités par Chevalier (2010), définissent les fonctions exécutives comme « l'ensemble des processus permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts. » La régulation qu'elles permettent est généralement appelée « contrôle exécutif ».

Un modèle du contrôle exécutif a été proposé par Norman et Shallice (1986) cités par Chevalier (2010), dans lequel ils parlent de deux systèmes distincts :

- Le premier système fait référence aux activités automatisées, routinières, qui ne nécessitent pas de ressources attentionnelles. Il sert à mettre en œuvre des traitements routiniers et guidés par l'environnement (ex : préparer le petit-déjeuner). La sélection des traitements appropriés se fait par le gestionnaire de conflits.
- On fait appel au second système, le système attentionnel supérieur (SAS), lors d'activités nouvelles. Cette structure contrôle l'allocation des ressources

attentionnelles en fonction du caractère prioritaire de la tâche cognitive à accomplir et du coût attentionnel des différents traitements à mettre en place simultanément.

Selon Rabbitt (1997), le contrôle exécutif serait nécessaire dans certaines situations dont il a défini les critères : la nouveauté, la recherche volontaire d'informations en mémoire, l'initiation de nouvelles séquences comportementales (nécessité d'inhiber les réponses habituelles et les séquences en cours), l'inhibition de réponses inappropriées à un contexte particulier, la coordination de deux tâches réalisées simultanément, la modification d'un plan d'action inefficace, le maintien d'une attention soutenue et, enfin, la conscientisation des conduites.

Il intervient à deux moments différents : il permet d'initier et de planifier les actions en contrôlant les distracteurs de l'environnement puis, une fois la tâche engagée, il en supervise le déroulement en sélectionnant les stratégies les plus adéquates tout en inhibant les stratégies et les réponses inadaptées.

Selon les conceptions, il est considéré comme un système unifiant plusieurs composantes ou comme une « agglomération de processus de contrôles interactifs et indépendants » (Boul'ch, 2007).

3.2. Les processus visuo-attentionnels et la lecture

Bien que la plupart des théories affirment que les déficits présents chez les enfants dyslexiques sont exclusivement de nature linguistique, notamment le déficit phonologique, d'autres études ont démontré que les processus visuo-attentionnels et exécutifs ont également des liens avec les troubles de la lecture.

3.2.1. Influences attentionnelles dans la lecture

Dans ce sens, Facoetti *et al.* (2006) ont montré à partir d'une étude sur 33 enfants dyslexiques que la capacité d'orienter l'attention visuelle dans le champ visuel droit était corrélée avec la performance en lecture de non-mots. En 2010, ils rajoutent que les enfants dyslexiques qui ont des difficultés phonologiques avaient un déficit sélectif au niveau temporel de l'orientation attentionnelle visuelle et auditive par rapport à deux groupes contrôles: un groupe avec le même âge chronologique

(où les enfants dyslexiques ayant de bonnes performances phonologiques ont été inclus) et un groupe où les enfants avaient le même niveau de lecture.

De même, Valdois *et al.* (2004) ont montré que l'attention visuelle a une place importante pour l'ancrage en mémoire de la forme orthographique du mot. En effet, pour lire, l'enfant doit porter son attention sur chacun des mots individuellement afin de pouvoir les identifier. Puis à l'intérieur même des mots, l'enfant doit traiter l'ensemble des lettres de la séquence et distribuer son attention de manière équitable sur chaque élément afin d'en créer une représentation mentale correcte et stable.

On retrouve ici la notion de fenêtre visuo-attentionnelle introduite par Bosse, Tainturier et Valdois en 1998, dont l'étendue influe sur le nombre d'éléments pouvant être traités simultanément et correctement en une seule fixation. Chez certains enfants dyslexiques, la fenêtre attentionnelle serait défectueuse et ne leur permettrait pas de se focaliser sur la globalité du mot, leur représentation mentale du mot ne pourrait donc pas se stabiliser. Si la fenêtre attentionnelle est satisfaisante, l'enfant peut mettre en place la procédure par adressage (qui fonctionne grâce à l'activation des informations mémorisées précédemment) et ainsi lire plus rapidement les mots réguliers comme irréguliers en accédant directement à leur forme orthographique en lien avec leur forme phonologique.

L'attention visuelle est également importante pour l'utilisation de la voie d'assemblage: l'enfant doit identifier les unités sublexicales du mot et en traiter certaines en parallèle. Par exemple, certaines lettres composant les graphèmes complexes doivent être analysées simultanément (ex: «an», «ain», «aille») et non séparément.

3.2.2. Influences exécutives dans la lecture

L'étude de Reiter *et al.* (2005), cités par Altemeier (2008), a démontré, suite à une expérience (où 84 enfants ont participé à des épreuves mettant en jeu la mémoire de travail, l'inhibition, la flexibilité, la résolution de problèmes...) que les enfants dyslexiques, dans la tâche de Stroop, ont tendance à être plus lents mais fournissent tout de même la réponse la plus automatique : quand il doit dire la couleur de l'encre dans laquelle on a écrit le nom d'une couleur, la vitesse est

réduite, l'enfant se rend compte qu'il y a un problème et essaie de le résoudre mais la plupart du temps, il répond tout de même par le nom de la couleur lue (ex : pour « rouge » écrit en vert, la réponse attendue est « vert » mais la réponse obtenue est « rouge »). Cette étude apporte un résultat contre-intuitif, on pourrait s'attendre à ce que ces enfants gênés par la lecture focalisent plus facilement leur attention sur la couleur de l'encre. Cela prouve le recours des enfants dyslexiques à un contrôle exécutif (temps de traitement allongé) qui n'est pas pleinement efficace (réponses erronées).

Altemeier (2008) ajoute que les enfants dyslexiques auraient des performances plus faibles que les normo-lecteurs dans des tâches d'inhibition et de flexibilité (épreuves dérivées du Stroop et de dénomination rapide).

D'après Boulc'h (2007), le contrôle exécutif permettrait au lecteur de « stocker temporairement les informations qu'il a déjà traitées tout en s'engageant dans d'autres traitements. » Il permettrait la synchronisation entre les processus de traitement et de stockage qui interagissent dans la lecture et rendrait celle-ci plus efficace. L'auteur ajoute que le contrôle exécutif supprimerait les interférences d'un niveau de traitement sur l'autre (inhibition des éléments non-pertinents : graphème, syllabe ou mot entier).

Pour Keïta (2007) et Bedoin (2010), la lecture nécessite une focalisation attentionnelle qui peut être globale (la totalité du mot) ou locale (lettre par lettre ou décomposition syllabique). Généralement, nous lisons de manière globale mais pour des mots inconnus ou pour différencier des mots connus visuellement proches, nous utilisons un traitement local, nous «switchons» d'un traitement à l'autre. Pour cela, nous effectuons plusieurs opérations: tout d'abord, nous engageons l'attention sur le niveau sélectionné puis grâce à l'inhibition nous désélectionnons le précédent niveau afin de pouvoir utiliser le nouveau (Kéita, 2007).

Selon eux, l'enfant dyslexique souffrirait d'un déséquilibre entre les deux modes d'analyse (global et local). Le mode prédominant de l'enfant dyslexique de surface étant le traitement local, la diversité des détails l'empêche d'appréhender la forme globale du mot. Il y aurait donc un déficit d'inhibition visuo-attentionnelle qui mettrait en exergue chaque détail (graphème ou syllabe) du mot et qui entraverait la

synthèse de ces stimuli en un tout, porteur de sens. A l'inverse, l'enfant dyslexique phonologique serait sensible aux interférences du mode global sur le local, il ne pourrait donc traiter efficacement les détails ce qui entraîne les paralexies – avec de potentielles confusions et inversions – et entrave la constitution d'un lexique orthographique précis. Le déficit en lecture est donc tributaire du manque d'inhibition des interférences d'un niveau de traitement sur l'autre.

3.2.3. Conclusion

Ces différents auteurs s'inscrivent donc dans le modèle proposé par Ans, Carbonnel et Valdois (1998), dans lequel la médiation phonologique n'est pas la voie d'accès à la forme phonologique du mot obligatoire et indispensable. Désormais, il est avéré que la forme phonologique d'un mot peut être produite à partir de représentations mentales antérieures activées et sélectionnées, qu'elles soient lexicales ou sublexicales. L'accès à ces représentations ou traces nécessite l'articulation entre deux formes de focalisations attentionnelles, articulation qui relève de processus exécutifs (inhibition d'une forme, switching et contrôle exécutif pour fournir une forme phonologique plausible) Les performances en lecture ne sont plus seulement dépendantes des compétences phonologiques mais elles le sont également des capacités attentionnelles et exécutives.

Sujet, Problématique et hypothèses

Généralement, la théorie évoque un déficit d'au moins une des deux voies de lecture du modèle à double voie de Coltheart (1989) : la voie d'assemblage et la voie d'adressage chez les enfants ayant un trouble spécifique du langage écrit.

Le modèle ACV 98 (Ans, Carbonnel, Valdois, 1998), quant à lui, parle également de deux procédures de lecture cependant il ne les relie pas à des types de mots (réguliers ou irréguliers) mais apporte la notion de familiarité (mot connu ou inconnu). En effet, nous recherchons une trace dans notre lexique à partir de la forme globale du mot, en cas d'échec, nous opérons une réduction de la focalisation attentionnelle jusqu'à reconnaître des unités plus petites.

Sur un plan qualitatif, selon Bedoin, le lecteur doit articuler une focalisation sur le niveau global (ou lexical) et une focalisation sur le niveau local (ou sublexical). Il doit donc coordonner des ajustements constants de sa fenêtre attentionnelle.

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons pu mettre en évidence le rôle des fonctions exécutives dans l'apprentissage et l'utilisation du langage écrit, compatible avec le modèle ACV 98, puisqu'elles permettent :

- De focaliser notre attention sur la forme globale du mot et, ainsi, de mettre en place des représentations mentales du mot dans le lexique mental (Bosse, Tainturier et Valdois, 2007). Plus tard, on pourra alors rechercher la trace du mot dans ce lexique et produire sa forme phonologique plus rapidement. Cette procédure se rapproche de ce qu'on appelle communément la voie d'adressage dans les modèles à double voie.
- D'analyser plus finement la forme du mot afin de la distinguer de celles des mots proches visuellement (voisins orthographiques) et ainsi éviter les paralexies lors d'une lecture.
- De réduire la focalisation visuo-attentionnelle au niveau syllabique ou graphémique dans le cas d'un mot inconnu (qui n'est pas contenu dans le lexique interne), et traiter certaines unités en parallèle pour les comparer à d'autres traces connues, ce qui se rapproche de la voie d'assemblage du modèle à double voies (Bosse, Tainturier et Valdois 2007).
- D'inhiber le niveau d'analyse non pertinent pour le mot à déchiffrer (Bedoin *et al.*, 2010)

-
- De « switcher » entre ces différents niveaux assez rapidement pour ne pas gêner la fluidité de la lecture et donc sa compréhension (Bedoin *et al.*, 2010).
 - De contrôler si la production finale est plausible et donc permettre la prononciation du mot, ou dans le cas contraire revenir aux étapes antérieures et corriger les erreurs commises.

Les fonctions exécutives sont donc primordiales pour les apprentissages, cependant peu d'études s'intéressent à leur influence sur les performances en langage écrit et à leur rôle dans les troubles spécifiques du langage écrit.

Il est admis que les troubles visuo-attentionnels entrent en jeu dans les pathologies du langage écrit (Facoetti *et al.*, 2006), néanmoins, les relations entre fonctions attentionnelles et exécutives générales, fonctions visuo-attentionnelles et langage écrit sont encore peu étudiées.

Ces observations nous ont menés à la problématique suivante : Les difficultés visuo-attentionnelles constatées dans certains types de trouble du langage écrit entrent-elles dans le cadre d'un déficit plus global des processus attentionnels et exécutifs ? Si un déficit attentionnel et exécutif est prouvé, cela supposerait qu'une investigation de ces capacités attentionnelles et exécutives lors de l'évaluation des patients présentant un trouble spécifique du langage écrit serait primordiale, en vue de rechercher un déficit perturbant l'apprentissage de la lecture et d'intégrer à notre travail rééducatif un travail ciblé de ces compétences déficitaires.

Pour répondre à cette problématique, nous avons proposé un protocole évaluant les performances de deux groupes d'enfants de CE2 (un groupe contrôle et un groupe avec des enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit) dans trois pôles : compétences exécutives, visuo-attention et langage écrit.

Hypothèse principale :

Les habiletés en langage écrit seraient en relation avec les compétences visuo-attentionnelles et exécutives.

Hypothèse opératoire 1 :

Les résultats des épreuves évaluant les fonctions exécutives et attentionnelles générales seraient corrélés aux résultats obtenus en langage écrit.

Hypothèse opératoire 2 :

Les résultats des épreuves évaluant les fonctions exécutives et attentionnelles générales seraient corrélées aux résultats obtenus aux épreuves visuo-attentionnelles.

Hypothèse opératoire 3 :

Les résultats aux épreuves évaluant le langage écrit seraient corrélés aux résultats obtenus aux épreuves visuo-attentionnelles.

Hypothèse opératoire 4 :

Les performances du groupe contrôle seraient supérieures à celles des enfants ayant un trouble spécifique du langage écrit dans les 3 pôles étudiés (langage écrit mais aussi visuo-attention et fonctions exécutives).

1. Matériel et méthodes

1.1. Présentation de la population :

1.1.1. Présentation générale

Notre étude porte sur des enfants scolarisés en CE2. Effectivement, selon Bosse *et al.* (2007), cités par Cannard (2012), « le lexique orthographique se construit dès les premiers apprentissages du langage écrit et tout au long de la scolarité » mais ces auteurs relèvent cependant « un développement plus important des connaissances orthographiques en classe de CE2 ». Ainsi, le CE2 semble être la classe où l'équilibre entre les deux voies de lecture est le plus important.

Nous avons donc sélectionné 80 enfants qui constituaient deux groupes appariés par niveau scolaire :

- un groupe contrôle composé de 63 enfants normo-lecteurs scolarisés en CE2
- un groupe expérimental composé de 17 enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit scolarisés, eux aussi, en CE2.

	Groupe témoin			Groupe expérimental		
	Filles	Garçons	Total	Filles	Garçons	Total
Effectif	38	21	59	10	7	17
Age moyen chronologique	8 ans 3 mois	8 ans 4 mois	8 ans 4 mois	8 ans 5	9 ans	8 ans 8
Ecart-type (mois)	3,287	3,212	3,31	3,259	7,746	6,354
Age moyen de lecture (Alouette)	8 ans 4 mois	8 ans 6 mois	8 ans 5 mois	7 ans 3	7 ans 2	7 ans 3
Ecart-type (mois)	9,774	9,143	9,6	5,982	4,163	5,232

Tableau n°1 : Présentation des caractéristiques de la population générale

Le nombre de sujets de la population témoin s'élève finalement à 59 enfants et non 63 car après observation de tous les tests et du comportement des enfants, nous avons choisi d'en écarter 4, qui ne correspondaient pas au critère d'inclusion de l'absence de trouble attentionnel pouvant interférer avec les résultats aux épreuves que nous faisons passer. Les résultats objectifs aux tests étaient pathologiques dans presque toutes les épreuves.

1.1.2. Critères d'inclusion

1.1.2.1. Enfants normo-lecteurs

La population d'enfants normo-lecteurs a été sélectionnée selon les critères suivants :

- Enfants de CE2 sans difficultés d'apprentissage
- Ils ne doivent pas être suivi en orthophonie
- On ne doit retrouver aucun résultat pathologique au niveau de la précision (< -1,5 ET) aux épreuves de lecture de la BALE. En effet, le temps de lecture dépend aussi d'une composante affective.
- L'enseignant et les parents ne doivent pas avoir remarqué de trouble attentionnel (ou hyperkinésie), psychologique ou autres pouvant influencer sur les résultats de la recherche (audition, vision etc.)

Il est nécessaire de préciser que, selon la BALE (2010), « *il est habituel de définir un déficit ou un trouble lorsque l'écart se situe à au moins -1,5 écart-type.* » Cet éloignement de la norme permet, toujours selon la BALE, de poser un diagnostic réel lorsqu'il est associé à une observation clinique. Le score retenu pour placer un enfant dans la pathologie aux épreuves de la BALE est donc d'au moins -1,5 écart-type.

1.1.2.2. Enfants avec trouble spécifique du langage écrit

Notre étude compare les enfants normo-lecteurs à des enfants bénéficiant d'une prise en charge orthophonique dans le cadre d'un trouble spécifique du langage écrit.

Nous avons donc laissé le soin aux orthophonistes que nous avons contactées de déterminer au vu de leurs bilans et des dossiers médicaux :

- si le patient présentait bien un trouble de langage écrit
- sans déficit sensoriel (audition, vision)
- sans trouble attentionnel associé,

Nous nous sommes posé la question des résultats à utiliser pour affiner les critères d'inclusion de notre étude (les résultats en lecture de mots et non-mots de la BALE ou la vitesse de lecture donnée par l'Alouette). En effet, bien qu'il soit

consensuel d'utiliser l'Alouette pour le diagnostic de dyslexie, la normalisation de ce test ne nous semblait pas assez récente, le test datant de 1965. De plus, l'étalonnage du test s'étend de la GSM jusqu'à la 4^e, d'après le manuel (P. Lefavrais, 1965) et comprend 800 enfants, ce qui fait environ 90 enfants par niveau scolaire, ce qui n'est pas très élevé.

Nous avons fait, pour répondre à cette question, une comparaison entre les résultats de ces deux épreuves dans nos deux populations. Nous avons donc recherché :

D'une part, chez les sujets témoins, combien d'enfants avaient un retard de vitesse de lecture supérieur ou égal à 18 mois et, chez les sujets présentant un trouble du langage écrit, combien d'enfants avaient un retard inférieur à 18 mois par rapport à leur âge chronologique.

D'autre part, chez les sujets témoins, combien d'enfants avaient au moins un score inférieur ou égal à -1,5 E.T. à l'épreuve de lecture de mots et non-mots de la BALE, en précision ou en temps, et, chez les sujets pathologiques, combien d'enfants n'avaient aucun score inférieur ou égal à -1,5 E.T. à cette même épreuve

Les résultats de cette recherche sont présentés dans les tableaux suivants :

	Groupe témoin			Groupe expérimental		
	Filles	Garçons	Total	Filles	Garçons	Total
Effectif	38	21	59	2	5	7
Age moyen chronologique	8 ans 3 mois	8 ans 4 mois	8 ans 4 mois	8 ans 9	9 ans 1	9 ans
Ecart-type (mois)	3,287	3,212	3,31		8,764	7,586
Age moyen de lecture (Alouette)	8 ans 4 mois	8 ans 6 mois	8 ans 5 mois	6 ans 8	7 ans	6 ans 11
Ecart-type (mois)	9,774	9,143	9,6		3,782	3,78

Tableau n°2 : Présentation des caractéristiques de la population restante avec le critère d'inclusion de l'Alouette (LEFAVRAIS P., 1965) à 18 mois de retard

	Groupe témoin			Groupe expérimental		
	Filles	Garçons	Total	Filles	Garçons	Total
Effectif	32	16	48	10	6	16
Age moyen chronologique	8 ans 3	8 ans 4	8 ans 4	8 ans 5	9 ans	8 ans 7
Ecart-type (mois)	3,348	2,91	3,363	3,259	8,43	6,541

Tableau n°3 : Présentation des caractéristiques de la population restante avec le critère d'inclusion de la lecture de mots de la BALE (JACQUIER -ROUX M., LEQUETTE C., POUGET G., VALDOIS S., ZORMAN M., 2010) à -1,5 E.-T.

Nos observations cliniques ainsi que les évaluations effectuées par les orthophonistes nous laissent penser que seul un patient sur 17 pourrait être évincé car il ne correspond pas à la population, ses problèmes relevant davantage du graphisme que de la lecture et de l'orthographe.

Or, nous voyons, dans les tableaux précédents, que :

- Si nous prenons, comme critère d'inclusion, l'épreuve de vitesse de lecture de l'Alouette (Lefavrais P., 1965), qui est une épreuve consensuelle pour la pose d'un diagnostic de dyslexie à partir du CE2, cela suppose d'écarter 10 sujets présentant un trouble spécifique du langage écrit sur 17. Parmi ces sujets, presque tous ont des résultats très bas dans les autres épreuves de langage écrit qui montrent (en plus des évaluations de l'orthophoniste qui les suit) que le diagnostic de trouble spécifique du langage écrit ne fait pas de doute, malgré un retard à l'Alouette inférieur à 18 mois.

Il semble que l'Alouette soit trop spécifique et donc pas assez sensible pour évaluer la vitesse de lecture des enfants de CE2. C'est pourquoi nous n'avons pas retenu cette épreuve comme critère d'inclusion.

- Si nous prenons le critère d'inclusion de la B.A.L.E (JACQUIER -ROUX M., LEQUETTE C., POUGET G., VALDOIS S., ZORMAN M., 2010), cela suppose d'évincer 11 enfants de la population générale. Ces enfants faisaient effectivement partie des plus fragiles au niveau clinique. Ce critère demande aussi d'écarter un enfant de la population pathologique, cet enfant ne correspondait pas à nos critères d'inclusions car, après réflexion avec l'orthophoniste et les parents de l'enfant, son trouble relevait davantage d'un trouble du graphisme, comme nous l'avons dit plus haut.

Il semble que le critère de la BALE corresponde bien à la réalité clinique, nous avons donc utilisé ce test comme critère d'inclusion. La population que nous avons analysée au niveau statistique comprend donc 48 enfants normo-lecteurs et 16 enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit.

1.1.3. Recrutement

La population d'enfants normo-lecteurs a été rencontrée dans des écoles de Thiais et Choisy-le-Roi (Val de Marne) et de Lestrem et Wattrelos (Nord-Pas-de-Calais). Les écoles accueillait des populations appartenant à des catégories socio-professionnelles diverses.

Nous avons contacté les directeurs des écoles par téléphone puis nous les avons rencontrés pour les informer de notre démarche et organiser l'effectuation des

tests sur le temps scolaire (Annexe 2 p. A4). Les enseignants ont distribué aux parents une demande d'autorisation à une étude (Annexe 3 p.A5) et une fiche de renseignement à remplir (Annexe 4 p. A6).

La population d'enfants avec trouble du langage écrit a été recrutée dans des cabinets d'orthophonie (Annexe 5 p.A7) du Val de Marne et du Nord-Pas-de-Calais. Les tests ont été effectués au cabinet de l'orthophoniste, lorsque cela était possible, ou au domicile du patient, dans une pièce calme et sans passage.

Toutes les informations données aux différents intervenants à l'oral ont été transmises à l'écrit dans des courriers (directeurs, parents, orthophonistes) présentées en annexe.

1.2. Présentation des épreuves

1.2.1. Epreuves du pôle langage écrit

1.2.1.1. Alouette (Levafrais, 1965)

Ce test est une épreuve de vitesse de lecture permettant d'estimer l'âge de lecture d'un sujet, qui indique le niveau de déchiffrage acquis.

Il consiste à lire à haute voix un texte sans signification composé de 265 mots, pendant trois minutes ou moins selon la rapidité du lecteur. Le texte est composé de 5 paragraphes où la taille des caractères diminue progressivement. Des dessins ont été rajoutés sur les pourtours de la feuille pour jouer le rôle de distracteurs.

L'incohérence du texte interfère avec la suppléance mentale (*i.e.* appui sur le sens global du texte) qui intervient lors de la lecture d'un texte signifiant. Le test évalue ainsi plus spécifiquement le déchiffrage en situation d'interférence.

Pour obtenir l'âge de lecture, la vitesse est prise en compte ainsi que le nombre de fautes commises. Ce test, qui sert de référence dans l'établissement du diagnostic de dyslexie, considère que le retard de lecture d'un enfant est significatif à partir de 18 mois de retard par rapport à son âge. Il est donc utilisé à des fins diagnostiques à partir de la fin du premier trimestre du CE2, après 24 mois d'apprentissage de la lecture.

1.2.1.2. La BALE : Batterie Analytique du Langage Ecrit (2001)

Lecture de mots et de non-mots

Cette épreuve évalue l'efficacité de chaque procédure de lecture (assemblage et adressage). Elle propose la lecture de listes de mots irréguliers, réguliers et de pseudo-mots, en prenant en compte leur fréquence (basse ou élevée). Il y a donc au total, six listes de 20 mots présentées à l'enfant où l'on prend en compte le nombre de mots correctement lus et la vitesse pour lire chacune de ses listes.

Nous proposons donc :

- 40 mots réguliers qui peuvent être lus par les deux voies de lecture, selon l'enfant. Etant conformes aux règles de conversion graphème/phonème, seul le temps pourra déterminer quelle voie a été utilisée par l'enfant (l'assemblage nécessitant plus de temps de l'adressage).
- 40 mots irréguliers pour lesquels la procédure par adressage est indispensable pour que la prononciation soit correcte.
- 40 non-mots, qui permettent de juger de l'efficacité de la voie d'assemblage, ne pouvant pas être lus par adressage, car ils ne sont pas stockés dans le lexique interne.

Dictée de mots : Pour évaluer l'orthographe, la BALE propose 5 listes de mots comportant chacune 10 items, pour analyser l'efficacité de ces procédures en transcription. Cette dictée est composée de mots réguliers (simples puis complexes), de mots irréguliers et de non-mots bisyllabiques et trisyllabiques.

1.2.2. Epreuves du pôle visuo-attentionnel

Nous avons utilisé deux épreuves différentes pour évaluer les compétences visuo-attentionnelles : l'épreuve de la Baleine (Decourchelle et Exertier, 2002) et l'épreuve informatisée Focal Divi (Bedoin *et al.*, en développement).

1.2.2.1. Focal Divi (Bedoin *et al.*, en développement)

Il s'agit d'une épreuve informatisée de focalisation attentionnelle qui permet de mesurer les interférences du niveau global sur le niveau local ou inversement. Cette épreuve est une maquette conçue par Nathalie Bedoin et en développement par la société Gnosia. L'épreuve a été imaginée d'après le point de vue de Bedoin et Keïta

(2010) selon lequel les troubles du langage écrit seraient liés à un défaut d'inhibition du traitement global ou local.

1.2.2.1.1. Composition de l'épreuve

Elle est composée de quatre blocs : deux blocs où le sujet doit orienter son attention sur le niveau global et deux blocs où il doit prêter attention au niveau local. Pour chaque niveau, un bloc propose des stimuli composés de lettres et un autre est composé de dessins.

L'avantage de ce test est que les stimuli ne sont pas limités à du matériel orthographique qui pourrait influencer les résultats sur nos patients ayant un trouble du langage écrit. Il utilise du matériel non-verbal (dessins) ainsi que des lettres, ce qui permet d'observer d'éventuelles dissociations entre verbal et non-verbal.

L'expérience est proposée en deux parties, chacune traitant un type de stimuli :

- Tout d'abord les dessins : l'enfant doit indiquer s'il perçoit une étoile ou une lune, d'abord au niveau global puis au niveau local.
- Puis les lettres, cette fois, il doit indiquer si le stimulus représente un M ou un E, d'abord dans un traitement global puis dans un traitement local.

Pour chaque bloc, il y a des items contrôles et des items pièges. Les items contrôles sont des stimuli où l'autre niveau n'interfère pas avec le niveau à traiter. Par exemple, si le sujet est dans le bloc « dessin, global », l'item contrôle sera composé d'une étoile (ou d'une lune) formée de petits dessins autre que la deuxième réponse possible (lune pour étoile et inversement). Les autres dessins peuvent être des cœurs, des croix, des champignons. Les autres lettres sont A, H ou T. Les items contrôles permettent de mettre en évidence une impulsivité trop importante et donc un manque de contrôle exécutif.

Les items pièges quant à eux (Annexe 6, p.A8), sont composés des deux cibles possibles. C'est-à-dire, pour le bloc « dessin, global » par exemple, où les deux possibilités sont « étoile » et « lune », les petites formes composantes seront la deuxième possibilité : si la réponse attendue est « étoile », l'item sera une étoile formée à l'aide de petites lunes. Ici le niveau local produira alors des interférences sur le traitement du niveau global. Le sujet devra alors inhiber ce niveau.

1.2.2.1.2. Mise en place

Pour effectuer ce test, l'enfant est assis à 57 cm de l'écran en face de lui (Annexe 7 p. A9). Avant chaque item, un signe « égal » apparaît au centre de l'écran afin d'attirer l'attention de l'enfant (pendant 975ms), puis il disparaît en faveur d'un stimulus qui s'affichera à gauche ou à droite de l'écran de manière aléatoire (pendant 175 ms). L'enfant devra alors décider laquelle des deux cibles il a aperçu (étoile ou lune ; E ou M) et appuyer le plus vite possible sur la touche du clavier correspondante : « V » pour l'étoile et le E, « N » pour la lune et le M.

Ces touches sont repérées grâce à des gommettes et au-dessus, une étiquette de la même couleur est apposée afin de rappeler l'association touche-cible : jaune pour le « V » et bleu pour le « N ». L'enfant doit appuyer sur la touche correspondante à l'item à l'aide de ses index. L'item suivant interviendra 1000 ms après la réponse précédente.

1.2.2.1.3. Déroulement

Pour chaque bloc, il y a 3 phases :

- Une phase d'apprentissage : on explique à l'enfant qu'il doit focaliser son attention sur tel niveau et plusieurs exemples sont proposés afin de s'assurer de sa compréhension
- Une phase d'entraînement : la vitesse de présentation des stimuli, la manière dont l'enfant doit y répondre sont les mêmes que celle du testing. On peut encore, à ce moment, accompagner l'enfant s'il pose des questions.
- Une phase d'évaluation : l'enfant répond aux stimuli comme il l'a fait pendant l'entraînement, en sachant qu'on ne peut l'aider, que s'il se trompe il ne pourra pas se corriger et que s'il n'a pas eu le temps de voir l'item il devra alors répondre au hasard.

L'ensemble de l'épreuve dure environ 2 fois 20 minutes et des pauses sont prévues entre chaque bloc d'items.

1.2.2.2. La Baleine Paresseuse (Decourchelle et Exertier, 2002)

Cette épreuve de copie, permet d'estimer la fenêtre de copie du sujet, c'est-à-dire le nombre de caractère moyen que l'enfant peut retenir en une seule fixation visuelle. Elle sert à évaluer la taille des unités stockées en mémoire sémantique.

Nous avons choisi d'intégrer ce test dans le même groupe d'épreuve que Focal DIVI bien qu'elle dépende du visuo-attentionnel mais aussi du langage écrit.

Selon le modèle de Baddeley, les compétences supérieures (attention générale) sont sous-tendues par des composantes de base : lorsque Focal DIVI ne demande que très peu de compétences de base et évalue donc spécifiquement, sans recours à l'adressage des unités sublexicales en lecture, les capacités d'inhibition des interférences visuelles (global-local), la Baleine permet d'avoir une idée de la taille de la fenêtre visuo-attentionnelle mais dépend aussi d'une lecture de mots qui ont du sens, elle est donc moins spécifique. Le résultat de ce test dépend de la fenêtre visuo-attentionnelle de l'enfant mais aussi de son stock orthographique car il est plus facile de mémoriser un mot ou un fragment de mot connu pour le copier que de retenir un mot inconnu.

On demande à l'enfant, dans cette épreuve, de recopier un texte comportant 117 mots (choisis pour leur fréquence à partir de la base de données lexicales Novlex de Lambert & Chesnet, 2001). Le texte est disposé verticalement afin que l'examineur puisse repérer plus facilement les prises d'indices visuels de l'enfant.

On indique à l'enfant, au début de l'épreuve, qu'il doit recopier le texte le plus vite possible. Cependant, le texte a été construit de manière à ce qu'il soit impossible de finir cette tâche avant la fin du temps imparti, c'est-à-dire 3 minutes. Pendant la tâche, l'examineur comptabilise le nombre de retours visuels effectués par l'enfant sur le modèle. Puis, quand l'épreuve est terminée, on compte le nombre de caractères correctement retranscrits. La fenêtre de copie est obtenue en divisant le nombre de caractères par le nombre de retours.

1.2.3. Epreuves du pôle attentionnel – exécutif (Nepsy (1997) et Nepsy II (2012), Korkman)

1.2.3.1. Barrage visuel

Ce test est proposé en deux parties chronométrées. Il doit observer des images et barrer les cibles aussi rapidement que possible, sans faire d'erreurs.

Cette épreuve évalue, d'une part, la focalisation attentionnelle au niveau visuel (nombre de bonnes réponses) et, d'autre part, la qualité du contrôle exécutif. En

effet, le nombre de fausses alarmes met en évidence la capacité à contrôler, par anticipation ou après le barrage du stimulus, si le signal correspond bien, en tous points, au modèle.

La première partie consiste à repérer tous les « chats » parmi des dessins variés et peu ressemblants disposés de manière anarchique : des fleurs, des pommes, des arbres, des maisons, des chenilles, des lapins, des trains, des pingouins, des cochons, des têtes. Vingt chats sont à retrouver parmi 96 dessins.

La seconde épreuve est plus difficile car deux cibles sont à repérer et les distracteurs sont beaucoup plus proches visuellement. Deux visages sont à retrouver parmi d'autres. Les différences sont à observer au niveau de la forme des yeux, du sourire, du nez, des cheveux et des sourcils. Il faut donc examiner plus attentivement les dessins et mémoriser deux fois cinq critères. Vingt visages sont à identifier parmi 96.

L'examineur relève les fausses alarmes (dessin barré à tort), les omissions, et le temps de réalisation. L'enfant a au maximum trois minutes pour retrouver toutes les cibles pour chaque planche de dessin, il peut cependant manifester la fin de la tâche et le chronomètre est alors arrêté.

1.2.3.2. Epreuve d'attention auditive

Cette épreuve est composée de deux tâches : « attention auditive » qui examine l'attention sélective et la vigilance et « réponses associées » qui évalue la capacité à inhiber la réponse automatique afin de donner celle indiquée avant l'épreuve. Cette deuxième épreuve nécessite la mise à jour en mémoire de travail car la consigne est composée de plusieurs ordres à mémoriser tout au long de l'épreuve.

Pour ces deux parties, l'enfant écoute des séries de mots énoncés par un enregistrement et touche le cercle approprié lorsqu'il entend le mot cible sur une feuille placée devant lui, comportant quatre cercles : un rouge, un noir, un jaune et un bleu.

Pour « attention auditive », on demande à l'enfant de ne réagir qu'aux moments où il entend le mot « rouge », il doit alors toucher le cercle rouge. Pour les autres mots, aucune réaction n'est attendue. L'inhibition est donc particulièrement

active, l'enfant pouvant être tenté de toucher les ronds correspondants pour toutes les couleurs énoncées.

Pour « réponses associées », l'enfant doit assimiler plusieurs consignes :

1. toucher le rond jaune lorsqu'il entend « rouge »
2. toucher le rond rouge lorsqu'il entend « jaune »
3. toucher le rond bleu lorsqu'il entend « bleu »
4. ne pas avoir de réactions pour les autres mots.

Cette épreuve est d'autant plus complexe puisque l'enfant a été conditionné auparavant à toucher le rond rouge dès qu'il entendait le mot « rouge ». Ici, l'enfant doit donc faire preuve d'inhibition (ne pas toucher le rond noir et éviter les pièges pour les mots « jaune » et « rouge ») et de flexibilité (donner une réponse non automatique pour « jaune » et « rouge » et une réponse plus instinctive pour «bleu »).

L'examineur comptabilise les bonnes réponses, les erreurs d'omissions (l'enfant n'a pas réagit), les erreurs d'inhibition (l'enfant a touché un rouge pour le mot rouge ou le mot noir), les erreurs de commission (la réponse n'a pas été fournie dans le laps de temps accordé ou toute autre réponse incorrecte).

1.2.3.3. Epreuve d'inhibition

Ce subtest de la Nepsy est une épreuve chronométrée qui se présente en deux parties, qui proposent chacune trois sous-parties. Le but de cette épreuve est de mesurer la capacité à inhiber les réponses automatiques afin de donner de nouvelles réponses puis elle demande des capacités de flexibilité afin de pouvoir alterner entre plusieurs types de réponses.

La première partie est composée de formes : des carrés et des ronds, de couleur blanche ou noire. La deuxième partie propose des flèches dirigées vers le haut ou vers le bas, de couleur blanche ou noire.

Pour chaque partie, l'enfant doit tout d'abord dénommer la forme ou la direction de la flèche : « carré » pour un carré, « rond » pour un rond, « haut » pour la flèche indiquant le haut et « bas » pour la flèche dirigée vers le bas. Il doit donc sélectionner la réponse la plus pertinente parmi deux réponses autant activées l'une que l'autre. Cette épreuve évalue donc la capacité à mettre à jour des informations en mémoire de travail (Friedman *et al.*, 2004). En effet, les erreurs dans cette

épreuve sont en fait des persévérations. Cela reflète une sensibilité aux interférences pro-actives et donc un problème de mise à jour.

Dans un deuxième temps, l'enfant doit bloquer la réponse automatique pour donner le nom de l'autre cible : « rond » pour un carré, « haut » pour une flèche dirigée vers le bas etc...

Enfin, dans la partie « changement », l'enfant doit prendre en compte la couleur de la forme ou de la flèche. Pour un item noir, il doit donner le nom correspondant à la cible, mais pour un item blanc, il doit donner le nom de l'autre cible : pour un carré noir, la réponse attendue est « carré » mais pour un carré blanc, la réponse attendue est « rond » ; pour une flèche noire dirigée vers le haut, la réponse attendue est « haut » alors que pour une flèche blanche dirigée vers le haut, il faudra répondre « bas ». Cette demande nécessite à la fois de l'inhibition (mise à jour des informations en mémoire et blocage de l'automatisme qui consiste à donner la bonne forme, selon Friedman *et al.*, 2004) mais également de la flexibilité pour changer de traitement en fonction du type de stimuli proposé.

Pour chaque partie, un exemple composé de 8 items est proposé pour vérifier que la consigne a été assimilée puis 40 items sont à dénommer le plus vite possible sans faire d'erreurs. L'examineur comptabilisera les items réussis, les items échoués et les items échoués puis auto-correctés pour chacune des trois demandes. L'épreuve est chronométrée.

1.3. Déroulement du protocole

Nous avons réparti les différentes épreuves en deux sessions de 45 minutes environ pour minimiser l'effet de la fatigue sur la concentration.

Dans chaque session, les tests ont été ordonnés de façon précise pour amoindrir le stress et la fatigue des enfants. Les sessions ont donc été organisées comme suit :

1ère session	2ème session
<ul style="list-style-type: none">- Focal Divi (dessins global + dessins local)- Lecture Alouette- Inhibition (NEPSY)- Dictée (BALE)	<ul style="list-style-type: none">- Focal Divi (lettres global + lettres local)- Lecture de mots (BALE)- Attention auditive + Réponses associées (NEPSY)- Copie (la Baleine)- Attention visuelle (barrage, NEPSY)

Nous avons fait passer les différentes épreuves aux enfants à l'école, pour les normo-lecteurs, et à domicile, pour les enfants présentant un trouble du langage écrit. Dans les différents lieux de passation, nous étions toujours dans une pièce calme et sans passage, pour éviter toute distraction pouvant influencer les résultats aux épreuves.

Résultats

1. Dérroulement des analyses statistiques

Dans un premier temps, nous présenterons une analyse descriptive des résultats. Nous calculerons la moyenne des résultats à chaque épreuve pour chacun des groupes puis nous comparerons les moyennes des deux groupes dans ces différentes épreuves.

Ensuite, nous présenterons les résultats de nos analyses statistiques non-descriptives :

- Afin de rechercher les éventuelles corrélations entre les pôles d'épreuves, nous avons réalisé un test de Spearman qui nous permet d'obtenir un coefficient de corrélation entre chaque test ou sub-test, deux à deux, pour le groupe contrôle et pour le groupe expérimental.
- Pour rechercher des différences significatives entre les résultats des deux groupes, nous avons comparé les moyennes avec le test de Wilcoxon.

1.1. Analyse descriptive

Pour l'analyse descriptive, nous allons exposer les résultats obtenus à chaque épreuve pour chaque pôle : langage écrit, fonctions exécutives et visuo-attention. Nous avons calculé les moyennes des scores et des temps pour chaque groupe et nous avons effectué une comparaison entre les deux groupes. Nous nous attendons à observer une différence dans les scores obtenus par les deux groupes dans chaque épreuve en faveur du groupe contrôle.

1.1.1. Pôle Langage Ecrit

1.1.1.1. Lecture de mots

	Moyenne groupe Contrôle	Moyenne Groupe Pathologique	Différence entre les deux groupes
Mots réguliers	36,5/40	26,35/40	10,15 points
Mots irréguliers	28,5/40	15,64/40	12,86 points
Non-mots	32,33/40	20,11/40	12,22 points

Tableau n°4 : Scores obtenus en lecture de mots, toutes fréquences confondues

Les différentes moyennes calculées, sur les épreuves de lecture de mots (Annexe 8 p. A10), nous indiquent que les enfants composant le groupe pathologique ont plus de difficultés à lire les items proposés que les enfants composant le groupe contrôle.

1.1.1.2. Temps de lecture

Le temps de lecture a été obtenu en additionnant les différents temps pour chaque liste de mots proposés : réguliers, irréguliers et non-mots, qu'ils soient fréquents ou peu fréquents.

Pour lire les 6 listes de 20 mots proposées par la BALE, le groupe contrôle a mis en moyenne 175,86 secondes (Annexe 9 p.A11). Le groupe pathologique, quant à lui, a mis environ 274,05 secondes. Nous remarquons qu'il y a une différence de 98.19 secondes en faveur du groupe contrôle pour lire les 120 mots composant les listes de lecture de la BALE.

Les enfants du groupe contrôle sont donc plus rapides pour lire que les enfants du groupe pathologique.

1.1.1.3. Dictée de mots

Nos résultats mettent donc en évidence des performances plus élevées chez les enfants du groupe témoin par rapport à celles des enfants du groupe pathologique en dictée de mots (Annexe 10 p. A12).

	Groupe Contrôle	Groupe Pathologique	Différence entre les deux groupes
Mots réguliers	15,96/20	10,82/20	5,14 points
Mots irréguliers	4,74/10	2,88/10	1,86 points
Non-mots	17,45/20	11,47/20	5,98 points

Tableau n°5 : Scores obtenus en dictée de mots, les scores des deux listes de mots réguliers étant regroupées ainsi que ceux des non-mots

1.1.2. Pôle visuo-attention

1.1.2.1. Fenêtre de copie

La fenêtre de copie est plus développée chez les enfants du groupe contrôle (4,88 caractères en une fixation) que chez les enfants du groupe pathologique (3,49), l'écart observé est de 1.39 caractères. La moyenne obtenue pour les résultats des

enfants du groupe pathologique est inférieure à la fenêtre de copie attendue pour des enfants de CE2 (4,10), avec une différence de 0.61 caractère (Annexe 11 p. A13).

1.1.2.2. Focal Divi

1.1.2.2.1. Blocs « Global »

Dans ces blocs, il s'agit de repérer si la forme globale est une lune ou une étoile. Les interférences sont donc causées par le niveau local. Les items « contrôles » correspondent aux items dont les formes locales ne sont ni des lunes ni des étoiles. Les items pièges sont les items dont les formes locales, qui composent la forme globale, ont l'aspect de l'autre cible (pour la cible « étoile », les composantes seront des lunes et inversement). Seuls les items pièges provoquent une interférence entre les deux niveaux de traitement.

	Groupe Contrôle	Groupe Pathologique	Différence entre les groupes
Global Dessin Items contrôles	91 %	90 %	1 %
Global Dessin Items pièges	90 %	85 %	5 %
Global Lettres Items contrôles	95 %	89 %	6 %
Global Lettres Items pièges	92 %	87 %	5 %

Tableau n°6 : Pourcentages de réussite aux items des blocs « Global »

Pour le groupe contrôle, on observe une différence de 1 % entre l'analyse des items pièges et celles des items contrôles et une différence de 5 % pour le groupe pathologique.

Le groupe contrôle augmente sa performance de 4% par rapport aux items contrôles du bloc « Global Dessin » alors que le groupe pathologique perd 1%.

Chaque groupe a amélioré sa performance de 2% par rapport aux items pièges du bloc « Global Dessin ». Le groupe contrôle perd 3 % de réussite entre l'analyse des items contrôles et des items pièges, le groupe pathologique en perd 2 %.

1.1.2.2.2. Blocs « Local »

	Groupe Contrôle	Groupe Pathologique	Différences entre les groupes
Local Dessin Items contrôles	91 %	86 %	5 %
Local Dessin Items pièges	86 %	76 %	10 %
Local Lettre Items contrôles	93 %	82 %	11 %
Local Lettres Items pièges	86 %	75 %	11 %

Tableau n°7 : Pourcentages de réussite aux items des blocs « Local »

Nous remarquons que pour le bloc dessin, le groupe contrôle a un taux plus faible de réussite de 5% par rapport du taux de réussite des items « contrôle », le groupe pathologique subit quant à lui une perte de 10%.

Pour le bloc lettre, chaque groupe a subi une perte de 7%de réussite par rapport aux items contrôles.

En résumé (Annexe 12 p. A14), nous pouvons conclure que :

- Le taux de réussite aux différents items des enfants du groupe pathologiques est toujours inférieur à celui des enfants du groupe contrôle.
- Il y a une plus grande différence inter-groupe pour les blocs « Local ».
- Les items « Lettres » sont mieux analysés que les items « Dessins ».
- Les enfants de chaque groupe ont un écart plus important dans leur taux de réussite entre les items contrôles/pièges des blocs « Local » que dans les items contrôles/pièges des blocs « Global ».

1.1.3. Pôle Fonctions exécutives

1.1.3.1. Epreuve d'Inhibition

Dans le subtest de dénomination où l'enfant doit dénommer les figures géométriques présentées (carré et rond), le groupe pathologique commet en moyenne 2,18 erreurs contre 1,33 fautes pour le groupe contrôle, l'écart est donc de 0,85 erreur.

Dans le subtest d'inhibition où l'enfant doit dire « rond » pour « carré » et inversement, le groupe contrôle effectue 3,45 erreurs contre 7 pour le groupe pathologique soit une différence de 3.55 fautes.

Dans le subtest de changement où la couleur de la forme détermine la réponse à donner (si la forme est noire, il faut dénommer la figure, si la forme est blanche il faut donner le nom de l'autre figure), le groupe contrôle fait en moyenne 6,31 erreurs contre 13 pour le groupe pathologique soit un écart de 6.69 fautes entre les deux groupes.

Nous pouvons constater que les enfants du groupe contrôle font moins d'erreurs que les enfants du groupe pathologique, dans chaque subtest (Annexe 13 p. A15). Nous pouvons également noter que le nombre d'erreurs pour chaque groupe augmente au fur et à mesure que la tâche se complexifie et que l'écart entre les deux groupes s'agrandit également.

	Groupe Contrôle	Groupe Pathologique	Différences entre les groupes
Dénomination	2,18	1,33	0,85
Inhibition	3,45	7	3,55
Changement	6,31	13	6,69

Tableau n°8 : Nombre d'erreurs commises aux différents subtests de l'épreuve d'inhibition

1.1.3.2. Epreuve Attention Auditive

1.1.3.2.1. Subtest Attention Auditive

Dans le subtest Attention auditive (Annexe 14 p. A16), le score du groupe contrôle est de 28,03/30 et celui du groupe pathologique est de 26,06/30 soit une différence de 1.97 points.

0,60 erreur de commission sont commises en moyenne dans le groupe contrôle contre 0,65 pour le groupe pathologique, il y a donc une différence de 0.05. Les erreurs de commissions sont des erreurs de type « je réponds mais trop tardivement », ou tout autre réponse, autre qu'une erreur d'omission ou d'inhibition.

Les enfants pathologiques commettent en moyenne 3,65 erreurs d'omissions alors que les enfants du groupe contrôle n'en font que 1,58. Les erreurs d'omissions sont une absence de réaction suite au mot cible « rouge » énoncé. Entre les deux groupes, il y a donc un écart de 2,07 erreurs.

Une différence de 0.20 erreurs d'inhibition est constatée entre les deux groupes (groupe contrôle : 0,10 / groupe pathologique : 0,30). Une erreur d'inhibition est le fait de toucher un rond de couleur suite à son énonciation alors que cette couleur n'est pas la couleur cible (ex : toucher le rond jaune lorsqu'on entend jaune alors que le mot cible est « rouge »).

Nous pouvons donc constater que les erreurs d'omissions sont les plus nombreuses et que c'est également sur ce type d'erreurs que la différence inter-groupes est plus importante (Annexe 15 p. A17).

	Groupe Contrôle	Groupe Pathologique	Différences entre les groupes
Score total	28,03/30	26,06/30	1,97 points
Erreurs de commission	0,60	0,65	0,05
Erreurs d'omission	1,58	3,65	2,07
Erreurs d'inhibition	0,10	0,30	0,20

Tableau n°9 : Score et nombre d'erreurs commises à l'épreuve d'attention auditive, subtest Attention Auditive

1.1.3.2.2. Subtest Réponses Associées

Le score total au subtest Réponses Associées du groupe contrôle est 29,87/36 contre 25,60/36 pour le groupe pathologique (Annexe 16 p. A18). On peut mettre en relief une différence de 4.27 points entre les moyennes des deux groupes à ce subtest.

Pour les erreurs de commission, nous observons une différence de 0.96 erreur. En effet, le groupe contrôle a commis 1,64 erreur de commission et le groupe pathologique en a commis 2,60.

Les erreurs d'omission sont en moyenne plus présentes chez les enfants du groupe pathologique (5,94) que chez les enfants du groupe contrôle (3,19), avec une différence de 2.75 erreurs.

Il y a en moyenne 1 erreur d'inhibition de plus chez les enfants du groupe pathologique (2,30) par rapport aux enfants du groupe contrôle (1,30).

En résumé (Annexe 17 p. A19), on constate que les erreurs d'omission sont les plus présentes et que les enfants du groupe pathologique font en moyenne plus d'erreurs de chaque type que les enfants du groupe contrôle.

	Groupe Contrôle	Groupe Pathologique	Différences entre les groupes
Score total	29,87/36	25,60/36	4,27 points
Erreurs de commission	1,64	2,60	0,96
Erreurs d'omission	3,19	5,94	2,75
Erreurs d'inhibition	1,30	2,30	1

Tableau n°10 : Score et Nombre d'erreurs commises à l'épreuve d'attention auditive, subtest Réponses Associées

1.1.3.2.3. Attention visuelle : Barrage

Les moyennes de temps (Annexe 18 p. A20) montrent que les enfants du groupe pathologique (187 secondes) mettent en moyenne 9,73 secondes de moins à repérer les cibles (bonnes ou fausses alarmes) que les enfants du groupe contrôle (196,73 secondes).

Le nombre de bonnes réponses repérées est en moyenne le même pour les deux groupes (Annexe 19 p. A21) (la différence observée est de 0,24 cible : groupe contrôle : 37,53 ; groupe pathologique : 37,29).

Le nombre d'erreurs (Annexe 20 p.A22) est plus important de 1,27 fausses alarmes pour le groupe pathologique qui en fait 3,18 alors que le groupe contrôle n'en fait en moyenne que 1,91.

Ces différences observées vont ensuite être analysées statistiquement, grâce au test de Wilcoxon, pour pouvoir confirmer, ou infirmer, leur caractère significatif.

1.2. Analyse non-descriptive

Notre analyse statistique a deux objectifs. Nous avons, d'une part, recherché d'éventuelles corrélations entre les épreuves des différents pôles (langage écrit, visuo-attention et fonctions exécutives) grâce au test de Spearman.

D'autre part, nous avons vérifié que les différences observées cliniquement entre la population d'enfants normo-lecteurs et la population d'enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit étaient significatives grâce au test de Wilcoxon.

1.2.1. Corrélations entre les compétences évaluées

Nous avons étudié les corrélations entre les résultats de chacun des subtests, deux à deux, pour la population contrôle puis pour la population expérimentale. Les coefficients de corrélation vont de 0 à 1. Plus le chiffre se rapproche de 1, plus la corrélation est forte. Généralement, les analyses se basent sur des valeurs seuils :

- si la valeur est entre 0 et 0,49 : il n'y a pas de corrélation significative
- si la valeur est entre 0,5 et 0,75 : il y a une corrélation modérée
- si la valeur est supérieure à 0,75 : la corrélation est forte

Les corrélations sont différentes entre les deux groupes, ainsi que pour les deux groupes réunis. La plupart des corrélations retrouvées sont issues du groupe d'enfants avec trouble du langage écrit. Cette différence entre les groupes au profit du groupe expérimental atteste d'un fonctionnement particulier de ces enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit.

1.2.1.1. Corrélations entre langage écrit et visuo-attention

Nous avons regroupé les items verbaux et non-verbaux pour plus de lisibilité mais nous les avons analysés séparément.

Nous pouvons observer que (Annexe 21 p. A23):

- Toutes les épreuves de langage écrit (temps de lecture, lecture et dictée) sont corrélées avec l'épreuve de la Baleine (Decourchelle et Exertier, 2002).
 - ➔ Plus le temps de lecture des mots de la BALE est long, plus la fenêtre de copie est petite. Cette corrélation a été retrouvée chez la population contrôle (corrélation modérée).
 - ➔ Plus les scores en lecture ainsi qu'en dictée (=nombre de mots bien lus ou bien écrits) sont élevés en lecture de mots réguliers et de non-mots et en dictée de mots irréguliers, plus la fenêtre de copie est grande. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée).

-
- Le temps de lecture est corrélé avec le nombre de bonnes réponses à l'épreuve Focal Divi, sur les items pièges du bloc « Global Dessins ». Plus le temps de lecture est long, moins ce score est élevé. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée).
 - Le temps de lecture est aussi corrélé avec le nombre de bonnes réponses à l'épreuve Focal Divi pour les items pièges du bloc « Local dessins ». Plus le temps de lecture est long, moins ce score est élevé. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée).
 - Le score en dictée de mots irréguliers est corrélé avec le nombre de bonnes réponses à l'épreuve Focal Divi pour les items pièges du bloc « local dessin ». Plus le score en dictée est élevé, plus le score aux items pièges, locaux et verbaux de Focal Divi est bon. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée).

1.2.1.2. Corrélations entre langage écrit et fonctions exécutives

Nous pouvons observer quelques corrélations entre les résultats aux épreuves évaluant les fonctions exécutives et les résultats en langage écrit (Annexe 22 p.A24):

- Le temps de lecture est corrélé avec le score total à l'épreuve d'attention auditive de la Nepsy II (2012). Le score est le nombre de bonnes réponses de l'enfant. Plus le temps mis par l'enfant pour lire les mots de B.A.L.E est long, moins le nombre de bonnes réponses à l'épreuve d'attention auditive est élevé. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée à forte : - 0,737970524).
- Le temps de lecture est aussi corrélé avec le nombre d'erreurs d'omissions à cette même épreuve d'attention auditive. Plus le temps de lecture est long, plus le nombre d'erreurs d'omissions est élevé. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée à forte : 0,729302708).
- Le score de lecture de mots irréguliers est corrélé avec le nombre d'erreurs aux subtests « inhibition » et « changement » de l'épreuve d'inhibition de la Nepsy II. Plus le score de lecture est élevé, moins il y a d'erreurs dans ces deux subtests de l'épreuve d'inhibition. Ces corrélations ont été retrouvées chez la population pathologique (corrélations modérées).

-
- Le score de dictée de mots réguliers est corrélé avec les subtests « dénomination » et « changement » de l'épreuve d'inhibition. Plus le score de dictée (*i.e.* nombre de mots bien écrits) est élevé, moins il y a d'erreurs dans ces deux subtests de l'épreuve d'inhibition. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée).
 - Le score de dictée de mots réguliers est aussi corrélé au nombre de bonnes réponses du barrage visuel de la Nepsy I. Plus le nombre de mots bien écrits est élevé, plus le nombre de bonnes réponses au barrage est grand. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée).

1.2.1.3. Corrélations entre visuo-attention et fonctions exécutives

Nous remarquons quelques corrélations entre les épreuves de visuo-attention et les épreuves évaluant les fonctions exécutives (Annexe 23 p. A25) :

- Le nombre d'erreurs de commission (lorsque l'enfant répond trop tard ou fait une erreur qui n'est pas une erreur d'inhibition) au subtest « réponses associées » de l'épreuve d'attention auditive est corrélé avec le score aux items contrôles du bloc « local dessins » de l'épreuve Focal Divi. Plus il y a d'erreurs de commission à l'épreuve de la Nepsy II, moins le score aux items contrôles du bloc « local dessins » de Focal Divi est bon. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée).
- Le nombre d'erreurs d'inhibition (lorsque l'enfant touche le rouge en entendant rouge) au subtest « réponses associées » de l'épreuve d'attention auditive de la Nepsy II est corrélé avec le score des items contrôles dans le bloc « local lettres » de l'épreuve Focal Divi. Plus le nombre d'erreurs d'inhibition est grand dans l'épreuve d'attention auditive, moins le score aux items contrôles du bloc « local lettres » de Focal Divi est élevé. Cette corrélation a été retrouvée chez la population pathologique (corrélation modérée).

Nous observons donc des corrélations entre les différents pôles de compétences :

- Les résultats des épreuves de langage écrit sont reliés aux résultats des épreuves visuo-attentionnelles et exécutives
- Les résultats de certains subtests évaluant les capacités visuo-attentionnelles sont reliés aux résultats des épreuves testant les fonctions exécutives.

Ces corrélations sont, pour la plupart, relevées dans l'analyse de la population d'enfants présentant un trouble du langage écrit.

1.2.2. Différences significatives entre les populations

Le test de Wilcoxon nous a permis de retrouver des différences significatives entre les résultats des deux groupes de sujets dans la plupart des épreuves proposées. Ce test est considéré comme significatif lorsque la valeur de p est inférieure à 0,05.

1.2.2.1. Pôle langage écrit

Toutes les épreuves évaluant la lecture et l'orthographe ont montré des différences significatives entre les sujets normo-lecteurs et les sujets ayant un trouble spécifique du langage écrit. Nous avons réalisé le test de Wilcoxon pour analyser les différences des paires suivantes :

- Temps de lecture (*i.e.* somme des temps de lecture de mots et non-mots de la B.A.L.E.) chez les sujets normo-lecteurs vs temps de lecture chez les sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,00008$), la différence est donc significative.
- Scores en lecture de mots réguliers fréquents et peu fréquents (B.A.L.E.) des sujets normo-lecteurs vs scores en lecture de mots réguliers fréquents et peu fréquents des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,00000003$), la différence est donc significative.
- Scores en lecture de mots irréguliers fréquents et peu fréquents (B.A.L.E.) des sujets normo-lecteurs vs scores en lecture de mots irréguliers fréquents et peu fréquents des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,00000007$), la différence est donc significative.
- Scores en lecture de non-mots (B.A.L.E.) des sujets normo-lecteurs vs scores en lecture de non-mots des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,000003$), la différence est donc significative.
- Scores en dictée de mots réguliers (B.A.L.E.) des sujets normo-lecteurs vs scores en dictée de mots réguliers des sujets avec trouble du langage écrit. Le

test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,00001$), la différence est donc significative.

- Scores en dictée de mots irréguliers (B.A.L.E.) des sujets normo-lecteurs vs scores en dictée de mots irréguliers des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,003$), la différence est donc significative. On remarque ici que le stock orthographique des enfants de CE2 normo-lecteurs n'est pas encore très développé car la différence, bien que significative, est moins grande entre les deux groupes étudiés.
- Scores en dictée de non-mots (B.A.L.E.) des sujets normo-lecteurs vs scores en dictée de non-mots des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,000002$), la différence est donc significative.

Nous prouvons ici que la différence de capacités de lecture et d'orthographe entre les deux groupes étudiés est bien significative.

1.2.2.2. Pôle visuo-attention

Nos calculs statistiques portent sur les paires suivantes :

- Etendue de la fenêtre de copie (FDC) des sujets normo-lecteurs vs étendue de la FDC des enfants avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,008$), la différence est donc significative.
- Scores pour les items contrôles du bloc « Global Dessins » de Focal Divi (*i.e.* l'enfant doit dire s'il voit une petite lune ou une petite étoile, sans interférences d'un niveau de traitement sur l'autre) des sujets normo-lecteurs vs scores pour les items contrôles du bloc « Global Dessins » de Focal Divi des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p > 0,05$ ($p = 0,106$), la différence n'est pas significative.
- Scores pour les items pièges du bloc « Global Dessins » de Focal Divi (*i.e.* l'enfant doit dire s'il voit une grande lune ou une grande étoile, avec interférences) des sujets normo-lecteurs vs scores pour les items pièges du bloc « Global Dessins » de Focal Divi des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,008$), la différence est donc significative.

-
- Scores pour les items contrôles du bloc « Global Lettres » (*i.e.* l'enfant doit dire s'il voit un grand E ou un grand M, sans interférences) de Focal Divi des sujets normo-lecteurs vs scores pour les items contrôles du bloc « Global Lettres » de Focal Divi des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,002$), la différence est donc significative.
 - Scores pour les items pièges du bloc « Global Lettres » de Focal Divi (*i.e.* l'enfant doit dire s'il voit un grand E ou un grand M, avec interférences) des sujets normo-lecteurs vs scores pour les items pièges du bloc « Global Lettres » de Focal Divi des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p > 0,05$ ($p = 0,321$), la différence n'est donc pas significative.
 - Scores pour les items contrôles du bloc « Local Dessins » de Focal Divi (*i.e.* l'enfant doit dire s'il voit une petite lune ou une petite étoile, sans interférences) des sujets normo-lecteurs vs scores pour les items contrôles du bloc « Local Dessins » de Focal Divi des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p > 0,05$ ($p = 0,069$), la différence n'est donc pas significative.
 - Scores pour les items pièges du bloc « Local Dessins » de Focal Divi (*i.e.* l'enfant doit dire s'il voit une petite lune ou une petite étoile, avec interférences) des sujets normo-lecteurs vs scores pour les items pièges du bloc « Local Dessins » de Focal Divi des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,05$ ($p = 0,02$), la différence est donc significative.
 - Scores pour les items contrôles du bloc « Local Lettres » des sujets normo-lecteurs (*i.e.* l'enfant doit dire s'il voit un petit E ou un petit M, sans interférences) vs scores pour les items contrôles du bloc « Local Lettres » des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,0003$), la différence est donc significative.
 - Scores pour les items pièges du bloc « Local Lettres » des sujets normo-lecteurs (*i.e.* l'enfant doit dire s'il voit un petit E ou un petit M, avec interférences) vs scores pour les items pièges du bloc « Local Lettres » des sujets avec trouble du langage écrit. Le test de Wilcoxon nous donne une valeur $p < 0,01$ ($p = 0,0003$), la différence est donc significative.

Nous avons donc retrouvé des différences significatives, d'une part, entre l'étendue de la fenêtre de copie des enfants normo-lecteurs et celle des enfants avec trouble du langage écrit et, d'autre part, pour 5 blocs sur 8 de l'épreuve Focal Divi. Les résultats en visuo-attention sont donc significativement différents entre les deux groupes étudiés.

1.2.2.3. Pôle fonctions exécutives

Nous avons recherché des différences significatives entre les deux groupes, toujours à l'aide du test de Wilcoxon, dans les domaines suivants :

- Epreuve d'inhibition :
 - ➔ Les différences sont significatives entre les deux groupes pour les subtests « inhibition - dénomination », pour lequel le test de Wilcoxon donne un $p < 0,05$ ($p = 0,027$), et « inhibition – changement », pour lequel le test statistique donne un $p < 0,01$ ($p = 0,0004$).
 - ➔ La différence entre les résultats des deux groupes n'est pas significative pour le subtest « inhibition - inhibition », le test de Wilcoxon nous donne un $p > 0,05$ ($p = 0,061$)
- Epreuve d'attention auditive :
 - ➔ Dans le premier subtest (attention auditive), les différences entre les deux groupes sont significatives au niveau du nombre de bonnes réponses données ($p = 0,03$) et pour le nombre d'erreurs d'omission ($p = 0,021$)
 - ➔ Dans le deuxième subtest (réponses associées), les différences sont aussi significatives pour le nombre de bonnes réponses ($p = 0,001$) et le nombre d'erreurs d'omissions ($p = 0,007$)

On remarque que, d'après l'analyse statistique, les différences sont plus grandes entre les deux groupes dans le subtest « réponses associées », qui demande une charge cognitive plus importante que le subtest « attention auditive » où on demande de ne réagir qu'à un seul signal sonore.

-
- Epreuve de barrage visuel : La différence est significative entre les deux groupes pour le nombre de fausses alarmes, lorsque l'enfant entoure des signaux erronés. Le test statistique nous donne un $p < 0,05$ ($p = 0,04$). Le nombre de bonnes réponses n'est pas significativement différent entre les deux groupes.

On note donc que les différences sont, pour la plupart, significatives, entre les deux groupes d'enfants, dans le pôle évaluant le langage écrit mais aussi dans les pôles testant les compétences visuo-attentionnelles et exécutives.

Discussion

1. Rappel des objectifs de l'étude

Nous avons mis en place un protocole évaluatif des compétences en langage écrit et des capacités visuo-attentionnelles et exécutives dans le but de répondre à la problématique suivante : Les difficultés visuo-attentionnelles constatées dans les difficultés d'apprentissage du langage écrit sont-elles spécifiques ou entrent-elles dans un trouble plus global des fonctions attentionnelles et exécutives ? Si un déficit visuo-attentionnel et/ou exécutif est prouvé, cela donnerait de nouvelles pistes d'investigations et de rééducation pour la prise en charge orthophonique de ces patients présentant un trouble spécifique du langage écrit.

Nous avons donc étudié les capacités visuo-attentionnelles, exécutives et de langage écrit d'enfants de CE2 séparés en deux groupes : un groupe témoin et un groupe d'enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit.

Nous avons recherché des corrélations entre les épreuves de ces trois pôles de compétences et nous avons comparé les résultats des deux groupes d'enfants.

Au début de notre étude, nous avons posé l'hypothèse que les compétences évaluées par ces trois pôles étaient corrélées et que les résultats des deux groupes d'enfants seraient significativement différents. Nous allons maintenant discuter ces hypothèses au vu des résultats obtenus et des connaissances théoriques actuelles.

2. Discussion des résultats

2.1. Hypothèse opératoire n°1

La première hypothèse avancée dans cette étude est que les résultats des épreuves évaluant les fonctions exécutives et attentionnelles générales seraient corrélés aux résultats obtenus en langage écrit.

En effet, d'après Altemeier (2008), les fonctions d'inhibition et de flexibilité mentale seraient liées aux compétences en langage écrit. Selon Bedoin et Keïta (2010), le lecteur a besoin de passer d'une focalisation attentionnelle à l'autre. Pour

engager son attention sur un niveau de traitement, il doit inhiber le niveau utilisé et il « switcher » vers le niveau suivant.

Nous avons donc fait l'hypothèse que les capacités exécutives seraient liées aux habiletés de langage écrit.

Les résultats statistiques mettent en évidence des corrélations entre les capacités de lecture et d'écriture et les compétences attentionnelles et exécutives générales chez les sujets présentant un trouble du langage écrit.

2.1.1. Temps de lecture et attention auditive

Le temps de lecture est corrélé avec les capacités attentionnelles évaluées par l'épreuve d'attention auditive de la Nepsy II (Korkman, 2012). Nous avons retrouvé des corrélations entre le nombre de bonnes réponses à cette épreuve et le temps de lecture, il semblerait que les capacités de vigilance et d'attention sélective soit liées à la vitesse de lecture. On peut alors se demander si l'augmentation du temps de lecture ne serait pas lié à des mini-pauses dues à une interférence endogène ou exogène et qui ralentiraient la lecture sans que l'examineur s'en aperçoive d'un point de vue clinique.

On retrouve aussi une corrélation entre le temps de lecture et le nombre d'erreurs d'omission. Cette deuxième observation est en concordance avec la précédente car le nombre d'erreurs d'omission met en évidence l'état de vigilance de l'enfant lors de l'épreuve. En effet, si l'enfant est gêné par des distracteurs (endogènes ou exogènes) et que son attention ne se focalise pas sur les signaux sonores qu'il doit écouter, il ne réagira pas à tous les stimuli.

2.1.2. Scores en lecture de mots et inhibition

La lecture de mots irréguliers, fréquents et peu fréquents est reliée avec le nombre d'erreurs au subtest « changement » de l'épreuve d'inhibition de la Nepsy II. Plus le score en lecture est élevé, moins il y a d'erreurs dans ce subtest de la Nepsy II. Cela montre que la lecture de mots est en relation avec les capacités de blocage des automatismes, de mise à jour en mémoire de travail et de flexibilité.

En effet, pour avoir un bon résultat à cette épreuve complexe, l'enfant doit :

-
- se rappeler les différentes consignes qu'on lui a données tout au long de l'épreuve
 - inhiber les réponses automatiques
 - switcher d'une consigne à l'autre en fonction des stimuli, ce qui requiert de la flexibilité mentale, en plus de l'inhibition.

La lecture de mots est donc liée à l'inhibition et à la flexibilité évaluées dans cette épreuve d'inhibition – changement.

Il est à noter que la lecture de mots irréguliers est aussi liée au subtest « inhibition » de cette même épreuve, qui demande une bonne inhibition des réponses les plus puissantes, les plus automatiques. C'est le troisième temps de l'inhibition dans le modèle de Friedman et Miyake (2004). L'échec en lecture de mots irréguliers pourrait alors être dépendant de la capacité à inhiber les correspondances graphèmes-phonèmes.

La lecture de non-mots, quant à elle, ne sollicite pas de compétences attentionnelles et exécutives générales pour ces enfants car ils n'ont pas besoin d'inhiber l'adressage du mot entier et peuvent prendre appui sur l'assemblage des unités sublexicales. Nous ne retrouvons aucune corrélation entre cette épreuve et le pôle attentionnel et exécutif.

Cela est cohérent avec l'hypothèse phonologique (Snowling, 2000) selon laquelle les capacités d'assemblage en lecture sont tributaires des capacités de conscience phonologique et métaphonologique, à la différence des compétences d'adressage qui permettent de lire des mots connus (réguliers ou irréguliers) et pouvant donc être lus de façon globale.

La lecture de mots réguliers recrute moins les capacités attentionnelles et exécutives générales. En effet, il n'est pas utile d'inhiber une des deux voies pour accéder à la forme phonologique d'un mot régulier.

2.1.3. Orthographe, inhibition et attention visuelle

Les scores à la dictée de mots réguliers simples et complexes sont corrélés, eux aussi, pour la population pathologique, avec l'épreuve d'inhibition de la Nepsy II.

On retrouve une corrélation avec le subtest « dénomination » qui évalue les capacités à mettre à jour les informations en mémoire de travail (*i.e.* l'activation d'un stimulus non-pertinent : ici, « carré » lorsqu'on doit dire « rond » etc.). On parle ici du deuxième temps de l'inhibition de Friedman et Miyake (2004).

Les analyses statistiques ont aussi permis de mettre en évidence une corrélation entre les scores en dictée de mots réguliers et le nombre de bonnes réponses au barrage de stimuli visuels de la Nepsy I (1997).

Les compétences orthographiques sont donc liées aux compétences de focalisation de l'attention visuelle évaluées par cette épreuve.

Les compétences en langage écrit sont donc bien en relation avec des capacités exécutives et attentionnelles générales d'inhibition et de flexibilité. Notre première hypothèse opératoire est donc confirmée. Cette étude apporte donc la confirmation du point de vue de l'étude d'Altemeier selon laquelle les capacités d'inhibition et de flexibilité mentale entrent en jeu dans l'apprentissage du langage écrit et sont déficitaires chez les enfants présentant des troubles spécifiques du langage écrit.

2.2. Hypothèse opératoire n°2

La deuxième hypothèse de notre étude était que les résultats des épreuves évaluant les fonctions exécutives et attentionnelles générales seraient corrélées aux résultats obtenus aux épreuves visuo-attentionnelles.

Nous avons retrouvé, dans notre analyse statistique, quelques corrélations entre ces deux pôles d'épreuves.

D'une part, les erreurs de commissions au subtest « réponses associées » de l'épreuve d'attention auditive de la Nepsy sont corrélées avec les scores pour les items contrôles du bloc « local dessin ». D'autre part, les items contrôles du bloc « local lettres » sont aussi corrélés avec les erreurs d'inhibition du même subtest. Ce résultat prouve que ceux qui commettent des erreurs de commission (lorsque l'enfant répond trop tard ou qu'il réagit à un item inapproprié) ou des erreurs d'inhibition sont ceux qui ont le moins de contrôle exécutif.

En effet, le fait de faire beaucoup d'erreurs aux items contrôles de Focal Divi montre qu'ils répondent avec impulsivité et qu'ils manquent donc de contrôle

exécutif. Cette impulsivité est retrouvée dans les erreurs de commission et d'inhibition du subtest de la Nepsy car :

- l'enfant répond trop tard : son contrôle exécutif arrive trop tard, l'enfant est distrait puis son contrôle exécutif le ramène sur la tâche, mais pas assez rapidement
- ou l'enfant réagit à un item inapproprié : le contrôle exécutif est dans l'incapacité de réguler l'impulsivité de l'enfant, il est donc inefficace.
- Ou l'enfant répond la réponse la plus automatique : le contrôle exécutif arrive encore une fois trop tard

Les capacités visuo-attentionnelles seraient donc liées à la bonne efficacité du contrôle exécutif des sujets. Notre deuxième hypothèse opératoire est donc, elle aussi, confirmée.

Comme aucune corrélation n'a été trouvée entre la fenêtre de copie et les capacités exécutives et attentionnelles générale, nous avons aussi recherché des corrélations entre la fenêtre de copie et les scores aux items de Focal Divi, dans l'objectif de savoir si les résultats à l'épreuve de la Baleine évaluant cette fenêtre de copie sont aussi reliés aux capacités visuo-attentionnelles ou spécifiques au langage écrit. Chez les sujets pathologiques, cette étude corrélationnelle a montré que la fenêtre de copie n'est pas corrélée avec les résultats aux blocs d'items de Focal Divi. Nous pouvons interpréter cette absence de corrélation en soulignant l'impact spécifique du lexique orthographique (au niveau des unités lexicales et sublexicales) du test de copie. De plus, Bedoin *et. al.* (2010) valident leur test sur des dyslexiques de surface ; or, nous n'avons pas sélectionné nos patients sur ce critère ni sur l'intensité de la composante visuelle de leur trouble du langage écrit avérée par un déséquilibre entre la lecture de mots irréguliers davantage échouée que la lecture de mot réguliers et de non-mots.

2.3. Hypothèse opératoire n°3

La troisième hypothèse que nous avons formulée était que les résultats aux épreuves évaluant le langage écrit seraient corrélés aux résultats obtenus aux épreuves visuo-attentionnelles.

En effet, plusieurs modèles théoriques relient l'accès au mot écrit en lecture et en écriture par la voie d'adressage à des compétences visuo-attentionnelles.

Pour Valdois *et al.* (2004), l'attention visuelle a un rôle très important pour l'encodage en mémoire de la forme orthographique des mots. Selon eux, c'est la bonne distribution de l'attention sur les différentes unités à traiter qui permettrait une lecture efficiente en aidant la création d'images mentales des mots stables dans le lexique orthographique des lecteurs apprenants.

Pour Bedoin et Keïta (2010), c'est l'efficacité de la focalisation attentionnelle sur le bon niveau (*i.e.* global ou local) de traitement visuel qui permettrait d'appréhender les unités lexicales et sub-lexicales des mots de façon correcte et donc de disposer d'une lecture efficiente.

Notre troisième hypothèse opératoire est confirmée.

En effet, nous avons observé, dans nos analyses statistiques, que la fenêtre de copie, évaluée par le test de la Baleine, était corrélée avec toutes les données de langage écrit (temps de lecture, scores en lecture de mots, scores en dictée de mots). Cela est cohérent par rapport au modèle de Valdois selon lequel la lecture est tributaire de l'étendue de la fenêtre visuo-attentionnelle des sujets. Toutefois la fenêtre de copie diffère de la fenêtre visuo-attentionnelle (ou de l'empan visuel) telle que définie par Valdois *et al.*, car cet empan porte sur le nombre de lettres (qui ne peuvent former un mot ou des di- ou tri-graphes) présentées en flash pour reproduire la prise d'information visuelle réalisée lors d'une saccade (épreuve de report). Cependant notre résultat reste conforme à leur modèle qui postule que le sujet pour lire, ou ici copier, adresse des unités lexicales ou sublexicales dans sa mémoire épisodique. Leur modèle prévoit que la taille de l'empan visuo-attentionnel croît avec la progression en lecture.

D'autre part, le temps de lecture est corrélé avec la réussite aux items pièges des blocs « global dessins » et « local dessins ». La vitesse de lecture s'avère donc liée à une bonne résistance aux interférences d'un niveau de traitement des stimuli

sur l'autre. L'efficacité de la bascule entre les niveaux de traitement pour du matériel non-verbal montre que cette capacité cognitive elle-même, entre en jeu dans la vitesse de lecture également pour du matériel verbal. Ce résultat concorde avec l'étude de Bedoin et Keïta (2010).

Enfin, la capacité d'encoder dans son lexique orthographique de nouveaux mots, étudiée par l'épreuve de dictée de mots irréguliers, est corrélée avec le score des items pièges du bloc « local dessins». Ce résultat met en évidence que la mise en mémoire d'un mot nouveau est liée aux capacités à résister aux interférences du niveau global sur le niveau local. L'enfant n'a donc pas seulement besoin de photographier le mot de manière globale mais il doit aussi appréhender des unités sub-lexicales, y compris au niveau de la lettre, en avoir une représentation précise.

2.4. Hypothèse opératoire n°4

La dernière hypothèse opératoire était que les performances du groupe contrôle seraient supérieures à celles des enfants ayant un trouble spécifique du langage écrit dans les 3 pôles étudiés (langage écrit mais aussi visuo-attention et fonctions exécutives). Cette hypothèse est formulée dans le but de pouvoir mettre en évidence un fonctionnement particulier des enfants ayant un trouble spécifique du langage écrit.

Grâce au test de Wilcoxon, nous avons comparé les données des deux groupes pour chaque épreuve et chaque pôle, de nombreux résultats ont montré des différences significatives qui sont toutes au profit du groupe témoin.

2.4.1. Pôle langage écrit

Dans le pôle évaluant les compétences en langage écrit, toutes les épreuves ont montré des différences significatives entre les deux groupes étudiés. Ce résultat montre de façon objective que les sujets ayant une pathologie du langage écrit sont bien différents des sujets appartenant à la norme dans leurs compétences de lecture et d'orthographe.

2.4.2. Pôle visuo-attentionnel

Dans le pôle visuo-attentionnel, la différence entre l'étendue de la fenêtre de copie des sujets témoins et celle des sujets avec trouble du langage écrit est significative. Encore une fois, ce résultat est à relativiser car l'épreuve utilisée repose sur la capacité du sujet à identifier des unités de la plus grande taille possible dans son lexique orthographique. D'autre part, les scores de 5 blocs d'items de Focal Divi sur 8 sont significativement différents entre les deux groupes. Ce résultat montre que les sujets pathologiques :

- résistent mal aux interférences du niveau global sur le niveau local (items pièges des blocs « local dessins » et « local lettres ») indépendamment du type de stimuli.
- Résistent mal aux interférences du niveau local sur le niveau global (items pièges du bloc « global dessin ») pour des stimuli non-verbaux
- sont plus impulsifs pour répondre sur du matériel verbal (items contrôles des blocs « local lettres » et « global lettres »). En effet, ils font plus d'erreurs sur ces items contrôles, même si le type d'item n'entraîne pas d'interférence entre deux niveaux de traitement. Cette impulsivité peut être interprétée par le fait que ce type de stimuli est plus difficile à appréhender et donc demande une charge cognitive plus importante, ce qui entraîne une surcharge et donc une diminution de leur attention.

2.4.3. Pôle exécutif et attentionnel

Premièrement, nous avons pu mettre en évidence des différences significatives entre les deux groupes dans les subtests « inhibition - dénomination » et « inhibition - changement », ce résultat montre que les capacités d'inhibition des interférences endogènes et les compétences de mise à jour en mémoire et de travail et de flexibilité sont significativement inférieures chez les sujets ayant une pathologie du langage écrit.

Deuxièmement, nous avons prouvé que le contrôle exécutif, permettant de résister aux interférences, des sujets pathologiques était significativement moins efficient. En effet, le nombre d'erreurs d'omission aux épreuves d'attention auditive et réponses associées est différent. Cela montre que ces enfants parviennent plus difficilement à résister aux distracteurs endogènes et exogènes et à focaliser leur

attention sur une tâche impliquant une attention auditive soutenue, pendant 3 minutes. Cette inefficacité dans la résistance aux interférences, premier temps de l'inhibition selon Friedman et Miyake (2004), est montrée, encore une fois, par la différence significative entre le nombre de fausses alarmes des deux groupes à l'épreuve de barrage visuel.

Nous pouvons donc dire que les capacités d'inhibition des interférences et de flexibilité sont significativement inférieures chez les sujets présentant un trouble spécifique du langage écrit, quel que soit le type de stimuli à traiter (visuel ou auditif). Notre dernière hypothèse opératoire est, elle aussi, confirmée.

Ce résultat concorde avec l'étude d'Altemeier (2008) qui avait, lui aussi, retrouvé une différence entre les sujets dyslexiques et les sujets normo-lecteurs sur des épreuves expérimentales évaluant les capacités d'inhibition et de flexibilité.

Nous apportons donc une précision de ses résultats car nous savons, maintenant, que c'est le deuxième et le troisième temps de l'inhibition (Friedman et Miyake, 2004) qui sont problématiques chez ces sujets. Le deuxième temps de l'inhibition correspond en fait à la capacité de mettre à jour les informations maintenues en mémoire grâce à l'inhibition des informations précédentes et à la flexibilité qui permet le passage d'une information à l'autre. Le troisième temps de l'inhibition permet quant à lui, le blocage des automatismes.

2.5. Hypothèse principale

L'hypothèse principale de notre mémoire était que les habiletés en langage écrit seraient en relation avec les compétences visuo-attentionnelles et exécutives. Nous avons, comme nous l'avons exposé précédemment, soulevé le fait que les capacités d'inhibition et de flexibilité, pour les enfants constituant le groupe pathologique, étaient liées aux capacités visuo-attentionnelles, étudiées dans les modèles de Valdois *et. al.* (2004) et de Bedoin et Keïta (2010), entrant en compte dans l'apprentissage d'une lecture efficiente.

Les capacités exécutives et attentionnelles générales sont liées aux capacités visuo-attentionnelles et aux capacités de langage écrit. Les capacités visuo-attentionnelles sont, elles aussi, liées aux compétences de langage écrit.

Les fonctions exécutives et attentionnelles générales et les compétences visuo-attentionnelles des sujets présentant un trouble spécifique du langage écrit sont problématiques.

De plus, la grande majorité des corrélations ont été retrouvées dans l'analyse statistique des sujets présentant un trouble du langage écrit, ce qui met en évidence un profil particulier de ces enfants. Chez les sujets normo-lecteurs, les seules corrélations ont été relevées entre les différents subtests de l'épreuve d'attention auditive. L'absence de corrélation chez les sujets normaux pourrait mettre en évidence que les liens découverts entre les différentes compétences évaluées (langage écrit, visuo-attention, fonctions exécutives et attentionnelles) ne relèvent pas de liens de causalité mais dépendent plutôt d'une co-construction de ces processus.

Ces résultats, même s'ils ne soulignent pas un lien de causalité entre les différentes composantes, nous permettent de discuter la notion d'exclusivité de la spécificité des troubles du langage écrit en mettant en évidence l'atteinte de composantes cognitives générales dans cette pathologie (compétences exécutives et attentionnelles).

Etant donné ces résultats, nous pouvons donc imaginer qu'il serait primordial d'évaluer, d'une part, les compétences visuo-attentionnelles des patients ayant un trouble spécifique du langage écrit et, d'autre part, leurs capacités d'inhibition des interférences et leur flexibilité mentale afin d'adapter la rééducation à de possibles déficits de ces compétences.

Il pourrait être intéressant de mener de nouvelles études portant sur l'expérimentation d'un protocole remédiateur au déficit de ces capacités. Si des résultats étaient obtenus, le travail rééducatif mené par les orthophonistes chez ces enfants en serait amélioré.

3. Critique de la méthodologie

3.1. La population

La population de notre mémoire, dont les résultats ont été utilisés pour l'analyse statistique, est composée de 48 normo-lecteurs et de 16 enfants présentant

un trouble spécifique du langage écrit. Il y a donc un déséquilibre numérique entre les deux groupes qui auraient pu être comblé si nous avions eu plus de temps. Il s'avère qu'en CE2, peu d'enfants sont diagnostiqués ou suivis en orthophonie pour un trouble spécifique du langage écrit.

La difficulté à recruter notre population pathologique a également entraîné un écart assez important entre les premières passations effectuées en novembre et les dernières effectuées en mars. Les derniers enfants à participer à notre étude sont des membres du groupe pathologique. Certains ont donc eu 4 mois de scolarité en plus que les premiers participants qui appartiennent au groupe contrôle. Cela a donc pu entraîner des modifications sur les données statistiques voire diminuer les différences pour l'apprentissage du langage écrit. Cependant, les résultats obtenus chez les enfants du groupe pathologique restent inférieurs à ceux du groupe témoin, malgré leurs 4 mois d'école en plus.

Une fois les tests effectués, nous avons dû nous assurer que les enfants avaient des résultats compatibles avec leur groupe. Nous n'avons, finalement, pas utilisé le test de l'Alouette dans nos critères d'inclusion, ce qui peut être problématique car ce test fait figure de référence pour le diagnostic de dyslexie.

Pour trouver quel critère d'inclusion utiliser entre l'Alouette, qui est un test de référence mais dont l'étalonnage initial (1965) n'est plus valide et dont la dernière normalisation porte sur moins de 50 enfants par année, et la BALE, nous avons comparé les résultats à ces tests. Si nous prenions comme critère d'inclusion un écart de 18 mois entre l'âge chronologique des enfants et l'âge de lecture donné par l'Alouette, nous aurions écarté 10 sujets sur 17 de notre groupe pathologique qui n'aurait été composé que de 7 patients.

En prenant la BALE comme critère d'inclusion (*i.e.* au moins un score en précision inférieur ou égal à -1,5 ET, écart pathologique à la norme selon le manuel de la BALE), nous avons exclu un seul enfant du groupe pathologique qui n'avait aucun score pathologique (et dont les troubles étaient, d'après nos observations cliniques et la réflexion de l'orthophoniste, plutôt de l'ordre d'une dysgraphie) et 11 enfants de la population contrôle qui avaient tous au moins un résultat pathologique en prenant le critère de la précision aux épreuves de lecture de la BALE.

Les enfants écartés du groupe pathologique, avec le critère de l'Alouette, étaient des enfants pour lesquels les résultats à la BALE et les observations de

l'orthophoniste concordait avec un diagnostic de trouble spécifique du langage écrit. De plus, l'étude porte sur des enfants scolarisés en CE2 (soit moins de 24 mois d'apprentissage de la lecture, pour ceux dont la passation des tests a été effectuée en début d'année), la barrière des 18 mois nous semblait trop importante et le test pas assez sensible pour ce niveau scolaire. Nous avons donc décidé d'utiliser les résultats obtenus aux épreuves de lecture de la BALE.

Nous nous sommes demandé si nous devions utiliser un écart moins conséquent à l'Alouette (12 mois de retard) comme critère d'inclusion mais cela pourrait aussi être critiquable car un retard de 12 mois ne repose sur aucune donnée de la littérature.

Nous pouvons également aborder le fait que puisque les enfants du groupe pathologique bénéficient d'une prise en charge orthophonique, certaines fonctions testées dans notre mémoire ont pu être entraînées ce qui pourrait diminuer les différences observées entre les groupes, nous avons cependant trouvé des différences significatives pour la plupart des épreuves.

Le groupe pathologique comporte peu de membres mais notre population finale est au nombre de 64 enfants de CE2. De plus, elle provient de deux régions différentes de la France : l'Île-de-France et le Nord-Pas-de-Calais et appartient à des milieux socio-culturels variés. La population témoin a été recrutée dans 5 écoles différentes (3 publiques et 2 privées). Les sujets pathologiques ayant été sollicités par l'intermédiaire des orthophonistes sont scolarisés, pour la plupart, dans d'autres écoles que les enfants du groupe témoin. Notre population étant géographiquement, socio-culturellement et scolairement variée, notre échantillon est représentatif d'une population plus large.

3.2. Le protocole

Notre protocole est composé de 8 épreuves réparties en deux sessions nécessitant chacune entre 45 min et 1h de concentration selon la rapidité de l'enfant. Étant donné la nature des épreuves qui demandent une attention importante, la fatigabilité des enfants peut être un facteur de moins bonne réussite.

De plus, chaque enfant passant individuellement, l'heure et le jour variaient pour chacun et les différentes activités précédant la passation de nos épreuves (école, activités, restauration...) pouvaient requérir plus ou moins de charge cognitive. Les enfants participaient aux tests avec, dès le départ, une fatigabilité cognitive plus ou moins grande.

Les enfants ne bénéficiaient pas non plus des mêmes conditions de passations selon les environnements. Certaines passations se sont déroulées à domicile ou au cabinet de l'orthophoniste (en majorité pour les enfants du groupe pathologique), la plupart du temps dans une pièce à l'écart de toute distraction possible. Les autres se sont effectuées à l'école dans des pièces plus ou moins isolées, et parfois bruyantes (bruit de la classe d'à côté, passages de personnes dans la pièce d'examen, photocopieuse...). Nous n'avons pas pu obtenir de meilleures conditions de passations mais malgré ces conditions moins favorables pour les enfants témoins, leurs résultats restent supérieurs à ceux des enfants pathologiques.

Bien qu'entraînant une grande fatigabilité, le protocole proposé est complet. Il évalue aussi bien la lecture que la transcription, les fonctions exécutives et attentionnelles sur le plan auditif et sur le plan visuel, ainsi que les compétences visuo-attentionnelles sur du matériel verbal et non verbal.

Pour Focal Divi, il nous a paru indispensable de rajouter des étiquettes sur les touches correspondantes du clavier rappelant la correspondance touche/couleur. En effet, dans la mise en place de Focal Divi, il est prévu de disposer une gommette bleue sur la touche « N » (lune ou m) et une gommette jaune sur la touche « V » (étoile ou e). Cependant, dans la disposition initiale, l'enfant doit garder en mémoire le code couleur imposé ou plutôt, comme il doit maintenir le doigt sur la touche, le côté associé à la cible. Nous avons donc choisi de rajouter une grande étiquette rappelant la signification de la couleur sur le haut du clavier, au-dessus de chaque gommette : une étiquette jaune avec une étoile ou un « E » et une étiquette bleue avec une lune ou un « M », en fonction des blocs à analyser (dessin ou lettre) pour augmenter la praticité de ce test.

Cela change légèrement les conditions de passations du test de l'étude de Bedoin *et al.* (2010) à laquelle nous faisons référence mais cela enlève la

composante mnésique qui n'est pas l'objet d'étude de cette épreuve. Les résultats que nous avons obtenus sont donc liés uniquement aux capacités visuo-attentionnelles et ne sont pas biaisés par une mémoire déficitaire.

Nous retrouvons de très nombreuses corrélations entre les résultats obtenus à la fenêtre de copie obtenue par l'épreuve de la Baleine et les épreuves de langage écrit. Le test de la Baleine étant composé de matériel verbal, nous pouvons supposer que les résultats sont aussi liés au stock lexical orthographique que possède l'enfant.

3.3. Analyse des résultats

Pour faciliter l'analyse statistique des résultats, nous avons fait plusieurs choix. Pour l'épreuve d'inhibition et pour Focal Divi, nous n'avons pas pris en compte le temps, étant trop difficile à analyser statistiquement. Cette composante de temps aurait été intéressante à analyser car elle met en évidence la quantité de contrôle exécutif demandée. De plus, pour chaque épreuve de chaque pôle, nous avons privilégié l'analyse à partir des scores bruts et non des rapports à la norme. Certains rapports à la norme étant des déviations standards exprimées en écart-type, d'autres étant des notes étalonnées ou encore certains étant une approximation entre deux centiles, il nous a paru plus précis de comparer des résultats bruts mais de même nature que des résultats étalonnés.

Notre analyse est basée sur des coefficients de corrélation qui mettent en évidence des liens entre les processus et non une causalité. Nous avons donc pu trouver des relations entre les différentes capacités mais nous ne pouvons conclure sur l'influence d'une compétence sur une autre.

Conclusion

En conclusion, notre étude a permis d'explorer le fonctionnement exécutif et attentionnel général, les compétences visuo-attentionnelles et les performances en langage écrit chez des sujets normaux et des sujets présentant des troubles du langage écrit pour chercher des corrélations entre ces différentes compétences dans chaque population.

Nous pouvons confirmer que les compétences visuo-attentionnelles décrites dans les modèles d'Ans Carbonnel et Valdois (1998) et de Bedoin et Keïta (2010) sont bien reliées aux capacités de langage écrit chez des enfants en difficultés d'apprentissage de la lecture et sont moins efficaces chez les enfants en difficultés d'apprentissage de la lecture.

Cette étude apporte aussi la confirmation du point de vue de l'étude d'Altemeier selon laquelle les capacités d'inhibition et de flexibilité mentale entrent en jeu dans l'apprentissage du langage écrit et sont déficitaires chez les enfants présentant des troubles spécifiques du langage écrit.

Notre recherche amène davantage de précisions par rapport à ce modèle de référence. En effet, les résultats permettent d'avancer que c'est le deuxième temps et le troisième temps de l'inhibition, d'après le modèle de Friedman et Miyake (2004), qui sont problématiques chez ces enfants. Le deuxième temps de l'inhibition désigne la capacité à mettre à jour les informations en mémoire de travail en inhibant les informations devenues non-pertinentes et en switchant vers les informations devenues pertinentes et le troisième temps de l'inhibition désigne le blocage des réponses automatiques ou sur-apprises qui sont les plus activées en faveur d'une réponse contraire.

La plupart des corrélations étant retrouvées dans l'analyse des résultats des enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit et non dans l'analyse des résultats du groupe contrôle témoin, nous pouvons mettre en évidence un profil particulier de ces enfants. Les liens entre les différents pôles ne seraient donc pas causaux mais pourraient plutôt dépendre d'une co-construction de ces processus.

L'atteinte des composantes exécutives et attentionnelles chez les enfants présentant un trouble spécifique du langage écrit, nous permet de nous questionner sur la spécificité de ce trouble.

Il serait désormais intéressant, à la lumière de ces conclusions, de concevoir et de valider des protocoles d'évaluation de ces compétences exécutives et attentionnelles générales pour le bilan des troubles du langage écrit, en plus des épreuves testant les mécanismes de lecture et d'orthographe et les capacités phonologiques. Des études ultérieures pourraient construire des protocoles pour remédier au déficit de ces capacités et ainsi pouvoir enrichir le travail rééducatif des orthophonistes pour ce type de pathologie.

Il serait aussi instructif de rechercher des relations entre ces pôles de compétences chez des sujets plus vieux pour analyser l'incidence du temps d'apprentissage du langage écrit – entraînant notamment un enrichissement du lexique orthographique - sur les liens entre visuo-attention, fonctions attentionnelles et exécutives et langage écrit.

Bibliographie

ABBOTT R.D., ALTEMEIER L.E., BERNINGER V.W. (2008), Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia, *in Journal of Clinical and experimental neuropsychology*, volume 30, n° 5, p. 588-606

ALEGRIA J., LEYBAERT J., MOUSTY P. (1994), « Acquisition de la lecture et troubles associés : évaluation, remédiation et théories » *in GREGOIRE J., PIERART B. (Eds.), Evaluation des troubles de la lecture : les nouveaux modèles théoriques et leurs implications diagnostiques*, Bruxelles : De Boeck Université

American Psychiatric Association (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.

ANDRES P., VAN DER LINDEN M., (2004), Les capacités d'inhibition : une fonction « frontale » ?, *in Revue européenne de psychologie appliquée*, volume 54, p.137-142.

ANS B. P., CARBONNEL S., VALDOIS S. (1998), A connectionist multiple-trace model for polysyllabic word reading, *in Psychological Review*, volume 105, n° 4, p. 678-723.

BADDELEY A. (2003), Working memory : Looking back and looking forward, *in Nature Reviews*, volume 4, p. 829-839.

BARGUE S. (2013), Etude des répercussions d'un entraînement des fonctions exécutives sur les mécanismes de la lecture chez des enfants dyslexiques de CM2, *Mémoire en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste*, Université de Bordeaux.

BARKLEY R. (1997), Behavioural inhibition, sustained attention and executive functions : constructing an unifying theory of ADHD, *in Psychological Bulletin*, volume 121, n° 1, p. 65-94

BARKLEY R. (2003), Attention-deficit/hyperactivity disorder, *in MASH J.E. Et BARKLEY R. (Eds), Child Psychopathology*, New-York : Guilford Press, p. 75-143)

BARROUILLET, P., BERNARDIN, S., & CAMOS, V. (2004). Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *In Journal of Experimental Psychology : General*, volume 133, p.83-100.

BARROUILLET *et.al* (2007), Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : bilan des données scientifiques, les éditions I.N.S.E.R.M., Paris

BEDOIN N., KÉÏTA L., LECULIER L., ROUSSEL C., HERBILLON V., & LAUNAY L. (2010), Diagnostic et remédiation d'un déficit d'inhibition des détails dans la dyslexie de surface. *In T. Rousseau, & F. Valette-Fruhinsholz (Eds.), Le Langage oral : données actuelles et perspectives en orthophonie*, Isbergues : OrthoEditions, p. 177-210.

BLAUDEAU A.-L. (2009), Automatisation de la voie d'assemblage de la lecture : Evaluation de l'effet d'un entraînement utilisant des marqueurs visuels chez les enfants de CE1 en difficulté de lecture, *Mémoire de recherche de Psychologie*, Université de Poitiers.

BOSSE M.-L., DOMPNIER B., VALDOIS S. (2009), Acquisition de langage écrit et empan visuo-attentionnel : une étude longitudinale, *in GOMBERT J.-E. (Ed), Approche cognitive de l'apprentissage de la langue écrite*, Rennes : PUR, p. 167-178.

BOSSE M.-L., TAINTURIER M.-J., & VALDOIS S. (2007). Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *In Cognition*, volume 104, n°2, p. 198-230.

BOULC'H L., GAUX C., BOUJON C. (2007), Implication des fonctions exécutives dans le décodage en lecture : étude comparative entre normolecteurs et faibles lecteurs de CE2, *In Psychologie française*, volume 52, p. 71-87.

BUNDESEN C. (1990), A theory of visual attention, *in Psychological Review*, volume 97, p. 523-547.

BUNDESEN C. (1998), Visual selective attention: Outlines of a choice model, a race model and a computational theory, *in Visual Cognition*, volume 5, p. 287-309.

CARELLO C., TURVEY M.-T., LUKATELA G. (1992), Can theories of word recognition remain stubbornly nonphonological ?, *in FROST R., KATZ L. (Eds.), Orthography, phonology, morphology and meaning*, Amsterdam : North Holland Elsevier, p. 211-226.

CARLSON S., MOSES L. (2001), Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind, *in Child development*, volume 72, n° 4, p. 1032-1078

CASTLES A., COLTHEART M. (1993), Varieties of developmental dyslexia, *in Cognition*, volume 47, n°2, p. 149-180.

CASTLES A., COLTHEART M. (2004), Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *In Cognition*, volume 91, p.77–111.

CHEVALIER N. (2010), Les fonctions exécutives chez l'enfant : concepts et développement, *in Canadian Psychology*, volume 51, n°3, p.149-163

CIM-10/IDC-10 (1994), Chapitre V : Troubles mentaux et troubles du comportement. Descriptions cliniques et directives pour le diagnostic, *in Classification internationale des maladies - 10e révision (Ed. C.-B. Pull)*, Paris : MASSON.

COLTHEART M. (1978), Lexical access in simple reading tasks, *In UNDERWOOD G., (Ed.), in Strategies of information processing*, London : Academic Press, p. 151-156.

COLTHEART M. P., RASTLE K., PERRY C., LANGDON R., ZIEGLER J. (2001), DRC : A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud, in *Psychological Review*, volume 108, n° 1, p. 204-256.

CORNELISSEN P., RICHARDSON A., MASON A., FOWLER S., & STEIN J. (1995), Contrast sensitivity and coherent motion detection measured at photopic luminance levels in dyslexics and controls. In *Vision Research*, volume 35 n°10, p. 1483-1494.

CUNNINGHAM A-E., PERRY K-E., STANOVICH K-E., SHARE D-L. (2002), Orthographic learning during reading : examining the role of self-teaching, in *Journal of experimental child psychology*, volume 82, n°3, p. 185-199.

DECOURCHELLE A., EXERTIER C. (2002), Elaboration et évaluation de la validité d'une épreuve de copie contribuant au diagnostic de la dyslexie. Mémoire d'Orthophonie, Lyon.

DEMB J.B., BOYNTON G.M., HEEGER D.J. (1998), Functional magnetic resonance imaging of early visual pathways in dyslexia. In *Journal of Neuroscience*, volume 18 n°17, p. 6939-6951.

DIAMOND, A., KIRKHAM, N., & AMSO, D. (2002). Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a prepotent response, in *Developmental Psychology*, volume 38, n°3, p.352-362.

EHRI L-C. (2005), Learning to read Words : Theory, findings, and issues, in *Scientific Studies of Reading*, volume 9, n°2, p. 167-188.

ELBRO C., BORSTROM I., PETERSEN D. (1998). Predicting Dyslexia From Kindergarten: The Importance of Distinctness of Phonological Representations of Lexical Items.
In *Reading Research Quarterly*, volume 33 n°1, p.36-60.

ELLIS A.W., YOUNG A.W., ANDERSON C. (1988), Modes of word recognition in the left and right cerebral hemispheres, in *Brain and Language*, volume 35, n°2, p. 254-273

FACOETTI A., ZORZI M., CESTNICK L., LORUSSO M.-L., MOLTENI M., PAGANONI P. (2006), The relationship between visuo-spatial attention and nonword reading in developmental dyslexia. In *Cognitive Neuropsychology*, volume 23 n°6, p. 841-855.

FERNANDEZ-DUQUE D., POSNER M.I. (2001), Brain imaging of attentional networks in normal and pathological states, in *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, volume 23, n°1

FERRAND L. (1995), Evaluation du rôle de l'information phonologique dans l'identification des mots écrits, in *L'année psychologique*, volume 95, n°2, p. 293-315

FRANCIS, D. J., SHAYWITZ, S. E., STUEBING, K. K., SHAYWITZ, B. A., FLETCHER, J. M. (1996), Developmental lag versus deficit models of reading

disability: A longitudinal individual growth curves analysis in *Journal of Educational Psychology*, Volume 88, n°1, p. 3–17.

FRIEDMAN N.P. (2000), The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis, in *Cognitive Psychology*, Volume 41, n°1, p.49-100

FRIEDMAN N. P., MIYAKE A. (2004), The relations among inhibition and interference control functions : a latent-variable analysis, in *Journal of Experimental Psychology : General*, volume 133, n° 1, p. 101-135.

FRITH U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K. Patterson, J.-C. Marshall & M. Coltheart (Eds.), *Surface dyslexia : Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading* , (p. 301-330).

FRITH U., LANDERL K., & FRITH C. (1995). Dyslexia and verbal fluency: More evidence for a phonological deficit. In *Dyslexia*. Chichester: John Wiley.

GRIFFITHS Y. M., SNOWLING M.J. (2002). Predictors of Exception Word and Nonword Reading in Dyslexic Children: The Severity Hypothesis. In *Journal of Educational Psychology*, volume 94, p.34-43.

HABIB M. (1997), *Dyslexie : le cerveau singulier*, Marseille : Solal.

HOUDE O. (2011), Imagerie cérébrale, cognition et pédagogie, *Médecine/sciences*, volume 27, p.535-540

JACQUIER -ROUX M., LEQUETTE C., POUGET G., VALDOIS S., ZORMAN M., *Batterie analytique du langage écrit*, Grenoble : Laboratoire des sciences de l'Education, Groupe Cogni-Sciences, Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, CNRS, UPMF.

JANIOT M., CASALIS S. (2012), La reconnaissance visuelle des mots écrits chez les dyslexiques : le cas du codage orthographique, in *A.N.A.E*, volume 24, tome 1, n°116 p.28-34.

JONG P-F., VAN DER LEIJ A. (2003), Developmental changes in the manifestation of a phonological deficit in dyslexic children learning to read a regular orthography, in *Journal of Educational psychology*, volume 95, n°1, p. 22-40.

KÉÏTA L. (2007), Approche développementale et neuropsychologique de processus visuo-attentionnels : traitements global et local selon la catégorie. Thèse de Doctorat de Psychologie, Université Lumière Lyon 2.

KORKMAN M., KIRK U., KEMP S. (1997), *NEPSY : bilan neuropsychologique de l'enfant*, Adaptation française ECPA (2003)

KORKMAN M., KIRK U., KEMP S. (2012), *NEPSY II : bilan neuropsychologique de l'enfant 2nde édition*, Adaptation française ECPA.

LAIGLE P. (2011), Journées de Formations Gnosia du 28 mai 2011

LEFAVRAIS P. (1965), *Manuel du test de l'Alouette*. Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

LIVINGSTONE M.S., ROSEN G.D., DRISLANE F.W., GALABURDA A.M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. In *Proceedings of the National Acadamemy of Science*, volume 88, p.7943-7947.

LOVEGROVE W., MARTIN F., & SLAGHUIS, W. (1986). A theoretical and experimental case for a visual deficit in specific reading disability. In *Cognitive Neuropsychology*, volume 3, p. 225–267.

MORET A., MAZEAU. M. (2013). *Le syndrome dysexécutif chez l'enfant et l'adolescent : Répercussions scolaires et comportementales*, Elsevier Masson.

NORMAN D.A., SHALLICE T. (1986), Attention to action : Willed and automatic control of behaviour, in DAVIDSON R.J., SCHWARTZ G.E., SHAPIRO D. (Eds.), *Consciousness and self-regulation*, New-York : Plenum Press, volume 4, p. 1-18.

PAVLIDIS G-T. (1981), Do eye movements hold the key to dyslexia, in *Neuropsychologia*, volume 19, n°1, p. 57-64.

PAVLIDIS G-T. (1985), Eye movements in dyslexia, The diagnostic significance, in *Journal of learning disabilities*, volume 18, n°1, p.42-45.

PELLI D-G., BURNS C-W., FARELL B. & MOORE-PAGE D-C. (2006), Feature detection and letter identification, in *Vision Research*, volume 46, p. 46-74.

PERFETTI C. (1989). Représentation et prise de conscience au cours de l'apprentissage de la lecture. In RIEBEN L. & PERFETTI C. (Eds.), *L'apprenti lecteur*, Neuchâtel-Paris : Delachaux & Niestlé, p. 61-82.

PERFETTI C. (1997), Psycholinguistique de l'orthographe et de la lecture. In RIEBEN L., FAYOL M., & PERFETTI C. (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition*, Paris: Delachaux & Niestlé, p. 37-56.

PLAUT D-C., McCLELLAND J-L., SEIDENBERG M-S. (1996), Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains, in *Psychological Review*, Volume 103, n°1, p. 56-115.

RABBITT, P. (1997). Methodologies and models in the study of executive function in RABBITT P. (Ed.), *Methodology of frontal and executive function*, East Sussex, UK: Psychology Press Publishers, p. 1–38.

RACK, J.P., SNOWLING, R., OLSON, K. (1992), The Nonword Reading Deficit in Developmental Dyslexia: A Review in *Reading Research Quarterly*, volume 27, n°1 p. 29-53

REITER A., TUCHA O., LANGE K-W. (2005), Executive functions in children with dyslexia, In *Dyslexia*, volume 11, p. 106-126.

RUBENSTEIN H., LEWIS S-S., RUBENSTEIN M-A. (1971), Evidence for phonemic recoding in visual word recognition , in *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, volume 10, p. 645-657

SCARBOROUGH H. S., & DOBRICH W. (1990), Development of children with early language delay in *Journal of Speech and Hearing Research*, volume 33, n°1, p. 70-83.

SEIDENBERG M-S., McCLELLAND J-L. (1989), A distributed, developmental model of word recognition and naming, in *Psychological Review*, volume 96, n°4, p. 523-568.

SEYMOUR P. (1990), Developmental dyslexia. In *EYSENCK M. (Ed.), Cognitive psychology: an international review*, London: John Wiley & Sons, p. 135-196.

SEYMOUR P. (1997), Les fondations du développement orthographique et morphographique. In *L. RIEBEN, M. FAYOL & C. PERFETTI (Eds.), Des orthographes et leur acquisition*, Paris: Delachaux & Niestlé, p. 385-403.

SHARE D. (2004), Orthographic learning at a glance : On the time course and developmental onset of self-teaching, in *Journal of Experimental Child Psychology*, volume 87, p. 267-298.

SHAYWITZ, B. A., FLETCHER, J. M., & SHAYWITZ, S. E. (1995), Defining and classifying learning disabilities and attention-deficit/hyperactivity disorder, in *Journal of Child Neurology*, 10 Suppl 1, S50-57.

SKOTTUN B.C. (2000), On the conflicting support for the magnocellular-deficit theory of dyslexia: Response to Stein, Talcott and Walsh. In *Trends in Cognitive Sciences*, volume 4 n°6, p. 211-212.

SPRENGER-CHAROLLES L., LACERT P., BECHENNEC D. (1998), Place et rôle de a médiation phonologique dans l'acquisition de la lecture/écriture en français : Résultats d'une étude longitudinale de la grande section de maternelle en fin de CE1 , in *Revue française de pédagogie*, volume 122, p. 51-67.

SPRENGER-CHAROLLES, L., COLE, P., LACERT, P., & SERNICLAES, W. (2000), On subtypes of developmental dyslexia: evidence from processing time and accuracy scores in *Canadian Journal of Experimental Psychology*, volume 54, n°2, p. 87-104.

SNOWLING M..J. (2000), *Dyslexia*. Malden : Blackwell Publishers.

VAN ORDEN G-C., STONE G-O, GARLINGTON K-L., MARKSON L-R., PINNT G-S., SIMONFY C-M., BRICHETTO T. (1992), « Assembled » phonology and reading : A case study in how theoretical perspective shapes empirical investigation, in *FROST R., KATZ L. (Eds.), Orthography, phonology, morphology and meaning*, Amsterdam : North Holland Elsevier, p. 249-292.

VALDOIS S., BOSSE M.L., TAINTURIER M.J. (2004), The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia: Review of evidence for a selective visual

attentional disorder. In *Dyslexia*, volume 10, n°4, p. 339-363.

VALDOIS S., GÉRARD C.L., VANEAU P., DUGAS M. (1995), Developmental dyslexia: a visual attentional account? In *Cognitive Neuropsychology* 12, 31-67

VELLUTINO F.R., FLETCHER J. M., SNOWLING M. J., & SCANLON D. M. (2004), Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? In *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, volume 45 n°1, p.2-40.

WOLF M., & BOWERS P.G. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. In *Journal of Educational Psychology*, volume 91 n°3, p.415-438.

ZESIGER P. (2009), Les troubles spécifiques du développement du langage, in PONCELET M., MAJERUS S., VAN DER LINDEN M. (Eds.), *Traité de Neuropsychologie de l'enfant*, Marseille : Solal, p.97-134

ZELAZO P.D., FRYE D. (1998), Cognitive complexity and control : II. The development of executive function in childhood, in *Current Directions in Psychological Science*, volume 7, n° 4, p. 121-126.

Liste des annexes

Annexe n°1 : Modèle cognitif du traitement du mot écrit (d'après Ellis et Young, 1988) in *Neuropsychologie de l'enfant: une introduction*, Solal (Marseille, 2000)

Annexe n°2 : Lettre aux directeurs des établissements scolaires

Annexe n°3 : Autorisation de participation à une étude

Annexe n°4 : Fiche de renseignement à remplir par les parents concernant leur enfant

Annexe n°5 : Lettre adressée aux orthophonistes

Annexe n°6 : Présentation des items du test Focal Divi, à gauche les items pièges et à droite les items contrôles.

Annexe n°7 : Présentation de la mise en place pour la passation du test Focal Divi

Annexe n°8 : Moyennes des résultats obtenus par le groupe contrôle et le groupe pathologique pour les épreuves de lecture de la BALE

Annexe 9 : Comparaison des temps de lecture des 6 listes de lecture de la BALE entre les deux groupes.

Annexe n°10 : Comparaison des résultats obtenus par les deux groupes à l'épreuve de dictée de mots de la BALE

Annexe n°11: Fenêtre de Copie

Annexe n°12: Pourcentage de réussite aux différents items de Focal Divi

Annexe n°13: Nombre d'Erreurs commises à l'épreuve d'Inhibition

Annexe n°14 :Score obtenu au Subtest « Attention Auditive »

Annexe n°15: Types et nombre d'erreurs commises au subtest « Attention Auditive »

Annexe n°16: Scores obtenus au subtest « Réponses Associées »

Annexe n°17: Types et nombre d'erreurs commise au subtest « Réponses Associées »

Annexe n°18: Barrage Visuel – Temps

Annexe n°19: Barrage Visuel – Bonnes réponses

Annexe n°20: Barrage visuel : Fausses Alertes

Annexe n°21: Présentation des corrélations positives et négatives entre les épreuves de langage écrit (B.A.L.E.) et les épreuves de visuo-attention (La baleine, Focal Divi)

Annexe n°22 : Corrélations entre les épreuves de langage écrit (B.A.L.E.) et les épreuves évaluant les fonctions exécutives (Nepsy 1 et 2) –

Annexe 23 : Corrélations entre les épreuves de visuo-attention et les épreuves évaluant les fonctions exécutives.

Annexe 24 : Caractéristiques de la population pathologique (épreuves de langage écrit)