

MEMOIRE

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

Pauline DELBE et Julie ENSENAT

soutenu publiquement en juin 2016 :

**Étude de l'influence d'aides visuelles et de leurs combinaisons sur la vitesse et la précision de lecture d'enfants dyslexiques et normo-lecteurs scolarisés en primaire.
Étude des variables taille, espacement et police.**

MEMOIRE dirigé par :

Loïc GAMOT, Orthophoniste et chargé d'enseignement, Département d'orthophonie
Gabriel Decroix, Lille

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier chaleureusement notre directeur de mémoire Monsieur Loïc Gamot pour nous avoir accompagnées tout au long de ce travail. Celui-ci n'aurait pas été le même sans son aide, sa gentillesse et sa disponibilité.

Nous remercions également les écoles de Châtillon-Saint-Jean, Peyrins, Saint-Michel-sur-Savasse (Drôme) et Delettes (Pas-de-Calais) pour leur accueil, ainsi que les élèves de CE2 et leurs parents pour leur participation.

De même, un grand merci aux orthophonistes, patients dyslexiques et parents pour leur investissement.

Nous exprimons toute notre reconnaissance à nos maîtres de stage, pour leur confiance et leur soutien au cours de cette dernière année.

Nous adressons un merci tout particulier à nos parents et familles qui nous ont soutenues dans notre projet professionnel et ont su nous encourager, ainsi qu'à nos amis, à Antoine et Bastien.

Pour finir, une pensée pour nos amies Lilloises d'adoption avec qui nous avons partagé de très beaux moments pendant ces 4 années.

Résumé

La dyslexie est un trouble spécifique de l'identification des mots écrits. Elle se traduit par une lenteur et une imprécision du décodage. L'hypothèse explicative la plus consensuelle est celle d'un trouble phonologique qui serait à l'origine de ce déficit. Cependant, certains auteurs mettent en évidence un fonctionnement visuel particulier chez les personnes dyslexiques face à l'écrit. Pour certains, les aides visuelles amélioreraient leurs capacités de lecture.

Nous avons donc cherché à montrer un éventuel effet de l'agrandissement de la taille des caractères et de l'espacement entre les lettres, de la police d'écriture et de leurs combinaisons sur la vitesse et la précision de lecture chez les enfants dyslexiques. Pour cela, nous avons fait lire un texte à 45 patients dyslexiques et 50 enfants normo-lecteurs avec différents paramètres de mise en page. Notre objectif était alors de constater un effet facilitateur sur la lecture d'enfants dyslexiques d'une ou plusieurs aides visuelles facilement applicables, dans un contexte orthophonique mais également pédagogique.

Mots-clés :

Orthophonie – Dyslexie – Rééducation – Enfant

Abstract :

Dyslexia is a specific disorder of the identification of written words. It results in slowness and inaccuracy in decoding. The predominant explanatory hypothesis is that a phonological disorder would be the cause of this deficit. However, some authors highlight a particular visual process in reading among dyslexic readers. For some of them, visual aids could improve their reading skills.

We therefore sought to show a possible effect of the font, its size, spacing between letters, and their combinations on reading speed and accuracy in dyslexic children. For this, we instructed 45 dyslexic children and 50 non-dyslexic children to read a text with different layout settings. Our goal was to note a facilitative effect of one or more easy-to-use visual aids on dyslexic children's reading, in a speech therapy and a pedagogical context.

Keywords :

Speech therapy – Dyslexia – Therapy – Child

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	4
1. La dyslexie.....	5
1.1. Définitions	5
1.1.1. Trouble des apprentissages	5
1.1.2. Trouble spécifique de la lecture.....	5
1.1.3. Manifestations de la dyslexie.....	7
1.1.4. Classification des différents types de dyslexies.....	8
1.1.4.1. La dyslexie dysphonétique.....	9
1.1.4.2. La dyslexie dysidétique.....	9
1.1.4.3. La dyslexie mixte.....	10
1.1.4.4. La dyslexie visuo-attentionnelle.....	10
1.1.5. État des lieux actuel.....	10
1.1.6. Facteurs de risques et facteurs associés.....	12
1.2. Classifications internationales.....	13
1.2.1. La classification internationale des maladies, 10ème révision (CIM-10)	13
1.2.2. La classification française des troubles mentaux de l'enfant et de l'adolescent (CFTMEA).....	14
1.2.3. Le manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux V, de l'anglais Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM V).....	15
1.3. Les hypothèses explicatives.....	16
1.3.1. L'hypothèse phonologique.....	16
1.3.2. Les explications non phonologiques.....	18
1.3.2.1. L'hypothèse visuelle dite classique.....	18
1.3.2.2. L'hypothèse d'un déficit visuo-attentionnel.....	18
1.3.2.2.1. Généralités.....	18
1.3.2.2.2. Le point de fixation optimal du regard lors de la lecture	19
1.3.2.2.3. L'hypothèse du trouble de l'orientation de l'attention visuelle	20
1.3.2.3. L'hypothèse magnocellulaire.....	20
1.3.2.4. Conclusion des hypothèses visuelles.....	21
1.3.2.5. L'hypothèse du déficit des traitements temporels auditifs	22
1.3.2.5.1. Généralités.....	22
1.3.2.5.2. Le JOT : jugement d'ordre temporel.....	23
1.3.2.6. L'hypothèse cérébelleuse.....	24
1.3.3. Conclusion	24
2. Les aides visuelles.....	25
2.1. La taille des lettres.....	25
2.2. L'espacement inter-lettre.....	27
2.3. La police.....	29
2.3.1. Glossaire des termes typographiques.....	29
2.3.2. La classification de l'Association Typographique Internationale.....	29
2.3.2.1. Les caractères classiques.....	30
2.3.2.1.1. Les humaines.....	30
2.3.2.1.2. Les galaldes.....	30
2.3.2.1.3. Les réales.....	30
2.3.2.2. Les caractères modernes.....	31
2.3.2.2.1. Les didones.....	31
2.3.2.2.2. Les mécanes.....	31
2.3.2.2.3. Les linéales.....	31

2.3.2.3.Les caractères calligraphiques.....	31
2.3.2.3.1.Les incisives.....	31
2.3.2.3.2.Les scriptes.....	31
2.3.2.3.3.Les manuales.....	32
2.3.2.4.Les fractures.....	32
2.3.2.5.Les caractères non latins.....	32
2.3.3.Police d'écriture et lecture.....	32
3.Buts.....	34
4.Hypothèses.....	34
Sujets, matériel et méthode.....	35
1.Population.....	36
1.1.Critères d'inclusion.....	36
1.1.1.Les enfants dyslexiques.....	36
1.1.2.Les enfants normo-lecteurs.....	36
1.2.Critères d'exclusion.....	36
1.3.Critères de recherche des sujets.....	36
2.Matériel.....	37
3.Méthode.....	38
3.1.Choix des aides facilitatrices.....	38
3.2.Constitution des 5 groupes de l'expérimentation.....	39
3.3.Choix des conditions de présentation de la passation	39
3.4.Déroulement de la passation.....	40
3.5.Analyse statistique.....	40
3.6.Calendrier.....	41
Résultats.....	42
1.Analyse objective.....	43
1.1.Leximétrie	43
1.1.1.Les enfants dyslexiques.....	43
1.1.2.Les enfants normo-lecteurs.....	44
1.2.Précision de lecture.....	45
1.2.1.Les enfants dyslexiques.....	45
1.2.2.Les enfants normo-lecteurs.....	46
2.Analyse subjective.....	47
2.1.Les enfants dyslexiques.....	47
2.2.Les enfants normo-lecteurs	47
Discussion.....	48
1.Rappel des principaux résultats.....	49
1.1.Pour les enfants normo-lecteurs.....	49
1.2.Pour les enfants dyslexiques	49
2.Analyse des résultats.....	49
2.1.Résultats des enfants normo-lecteurs.....	49
2.2.Résultats des enfants dyslexiques.....	50
3.Validation des hypothèses.....	53
4.Critiques méthodologiques.....	53
4.1.Le texte.....	53
4.2.Méthodologie.....	54
4.2.1.Intérêt d'un pré/post test.....	54
4.2.2.Constitution des groupes.....	55
4.3.Sujets.....	55
4.4.Analyse des résultats.....	56
5.Difficultés rencontrées.....	57
5.1.Aides.....	57

5.2.Population.....	58
6.Généralisation et intégration dans le champ de l'orthophonie.....	58
Conclusion.....	60
Bibliographie.....	63
Liste des annexes.....	72
Annexe n°1 : Protocole explicatif à destination des orthophonistes	73
Annexe n°2 : Feuille de report des résultats à destination de l'expérimentateur...	73
Annexe n°3 : Texte de base.....	73
Annexe n°4 : Texte avec la taille augmentée.....	73
Annexe n°5 : Texte avec l'espacement augmenté.....	73
Annexe n°6 : Texte avec taille et espacement augmentés.....	73
Annexe n°7 : Texte avec la police Open Dyslexic.....	73
Annexe n°8 : Résultats individuels des enfants dyslexiques.....	73
Annexe n°9 : Résultats individuels des enfants normo-lecteurs.....	73

Introduction

Selon Zorzi et al (2012), le principal défi est de trouver les moyens qui permettent à l'enfant dyslexique de lire plus de mots en moins de temps, parce que lire plus est incontestablement l'intervention la plus efficace dans le cas de la dyslexie. En effet, l'entraînement est primordial pour améliorer les compétences en lecture des jeunes dyslexiques : plus ils liront, plus leur lecture pourra tendre à l'automatisation. Plus le décodage sera aisé pour l'enfant dyslexique, plus l'accès au sens lui sera facile : il aura moins besoin de focaliser ses capacités cognitives sur la conversion graphème/phonème.

Cependant, nous nous trouvons face à un paradoxe : c'est justement parce que les compétences du jeune lecteur dyslexique sont déficitaires que celui-ci peine à lire et qu'il n'y prend pas plaisir. Pour illustrer ce constat, Zorzi et al (2012), nous précisent qu'un enfant dyslexique lit en une année ce qu'un enfant normo-lecteur lit en deux jours, c'est pourquoi ces auteurs parlent d'un « cercle vicieux » à briser.

Cette réflexion fait également l'objet de notre mémoire. La lecture est un mécanisme complexe qui nécessite différents processus. Le lecteur est face à un code orthographique (graphème), un code phonologique (succession des phonèmes dans la chaîne parlée) et à un code sémantique (ensemble des connaissances conceptuelles nécessaires à la compréhension des mots).

Dans notre étude nous avons voulu observer si différentes manipulations au niveau du graphème, lors de la conversion graphème/phonème, pouvaient avoir des conséquences sur la vitesse et la précision de lecture des enfants dyslexiques.

C'est pourquoi nous avons choisi de tester trois aides visuelles et leurs combinaisons pour en analyser les effets éventuels sur les performances de lecture d'enfants dyslexiques de primaire.

Si l'entraînement à la lecture est nécessaire à l'amélioration des capacités de lecture des enfants dyslexiques, existerait-il des aides, ou des combinaisons d'aides, plus efficaces que d'autres pour faciliter la lecture des dyslexiques, et ainsi leur permettre de lire davantage? Certaines aides visuelles pourraient-elles permettre un allègement du coût cognitif engendré par l'activité de lecture, et (re)donner aux enfants dyslexiques le plaisir de lire, indispensable à l'augmentation de leur niveau de lecture ?

Après avoir défini la dyslexie et fait l'état des lieux des hypothèses explicatives actuelles, nous aborderons les études qui ont été menées concernant les aides visuelles. Partant de ce constat, nous expliquerons la méthodologie de notre étude. Puis, nous exposerons et discuterons nos résultats.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. La dyslexie

1.1. Définitions

1.1.1. Trouble des apprentissages

La notion de trouble spécifique des apprentissages est apparue très tôt dans la littérature. Cependant, au cours des années, sa définition s'est étoffée.

En 1896, Morgan utilise ce terme pour parler d'un enfant intelligent, sans handicap socio-culturel présentant des difficultés sévères et spécifiques pour la lecture.

Pour Kirk (1963), les troubles des apprentissages concernent les enfants sans trouble sensoriel, présentant des difficultés de développement du langage oral et de la lecture accompagnées d'un déficit au niveau des compétences de communication nécessaires à l'interaction sociale.

Rutter (1989), étoffe cette définition. Il précise que l'enfant présentant un trouble des apprentissages ne présente par ailleurs pas de déficit intellectuel ou physique. Les difficultés de l'enfant sont, pour lui, inattendues au vu de son développement global et elles persistent jusqu'à l'âge adulte.

Fletcher et al (2004), proposent une liste de critères à retenir qui sont repris par les classifications internationales :

- Critère de discordance : il doit y avoir un décalage entre les épreuves de lecture et les épreuves cognitives (souvent mesurées par le quotient intellectuel)
- Critère d'exclusion : les difficultés ne peuvent être imputées à un handicap sensoriel, mental ou socio-économique. La pédagogie doit être adaptée.
- Origine neurobiologique

Pour ces auteurs, dans le cas de trouble des apprentissages, celui-ci résiste à une prise en charge, qu'elle soit pédagogique ou orthophonique.

1.1.2. Trouble spécifique de la lecture

Cette notion a également connu plusieurs définitions au cours de l'Histoire qui ont permis de préciser la sémiologie. D'une manière générale, la dyslexie est un trouble spécifique de l'identification des mots écrits (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007).

Le premier cas de dyslexie développementale a été décrit par Morgan en 1896. Il explique que l'intelligence du patient est normale, qu'il a bénéficié d'un enseignement de la lecture dès ses 7 ans et que malgré cela sa lecture est laborieuse. Au niveau de l'écriture, Morgan repère des inversions de sons, des confusions et des omissions. Orton (1928), est le premier à évoquer l'hypothèse d'une origine neurobiologique des troubles (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007).

Rutter (1978) précise que les difficultés rencontrées par l'enfant interviennent malgré un enseignement et un environnement socioculturel adaptés ainsi qu'une intelligence dans la norme. Pour lui, la dyslexie est dépendante des troubles cognitifs fondamentaux, d'origine constitutionnelle.

La définition retenue actuellement est celle de Lyon et al. (2003) : « La dyslexie est un trouble spécifique de l'apprentissage dont les origines sont neurobiologiques. Elle est caractérisée par des difficultés dans la reconnaissance exacte et/ou fluente de mots ainsi que par une orthographe des mots (spelling) et des capacités de décodage limitées. Ces difficultés résultent typiquement d'un déficit dans la composante phonologique du langage qui est souvent inattendu par rapport aux autres capacités cognitives de l'enfant et à l'enseignement dispensé dans sa classe. Les conséquences secondaires peuvent inclure des problèmes dans la compréhension en lecture. Cela peut entraîner une expérience réduite dans la lecture qui pourrait empêcher la croissance du vocabulaire de l'enfant et ses connaissances générales » (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007, p163).

Le critère de discordance est ici contesté. En effet, Lyon et al (2003) mettent en avant que les performances faibles au test de QI d'un enfant pourraient être causées par un déficit au niveau du vocabulaire, lui-même causé par des troubles au niveau de la lecture.

La dyslexie est toujours associée à une dysorthographe puisque les processus d'acquisition de l'orthographe sont liés à ceux de l'apprentissage de la lecture. Il ajoute également une notion d'hérédité. Selon lui, la dyslexie se définit comme telle : « trouble d'apprentissage caractérisé par un défaut d'efficacité et/ou de fluidité des mécanismes de reconnaissance des mots écrits et/ou de l'orthographe, survenant sans lésion cérébrale ou pathologie psychiatrique, et de façon inattendue en égard à l'intelligence et aux opportunités socio-éducatives. Ce trouble est d'origine

probablement en grande partie génétique, lié dans la majorité des cas à un défaut de mise en place de processus linguistiques et/ou cognitifs indispensables à l'installation du langage écrit » (Habib et Joly-Pottuz, 2008, p 254).

La définition retenue par l'International Dyslexia Association est la suivante : « la dyslexie est l'incapacité de développer des procédures automatiques d'identification des mots écrits, cette difficulté inattendue vu l'âge et les autres habiletés cognitives des dyslexiques, n'étant pas la conséquence de troubles sensori-moteurs » (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007, p 218).

Plusieurs limites se posent à ces définitions. Tout d'abord, les critères diagnostiques diffèrent selon les classifications. Nous développerons cela par la suite. De plus, il n'existe pas de test de référence. Or, cela est nécessaire pour que la définition du trouble ne repose pas sur des caractéristiques intrinsèques de l'individu. Il pourrait être plus sensible à une présentation d'épreuves qu'à une autre. Les qualités intrinsèques du test peuvent également varier. Il est alors difficile de s'assurer que les scores de l'enfant sont pathologiques si les étalonnages des tests n'ont pas été réalisés de la même façon. Se pose également le problème du seuil pathologique. En effet, celui-ci a été fixé arbitrairement à -2 écart-types mais selon les tests, il peut varier. La notion de trouble devient alors arbitraire puisqu'elle dépend du seuil choisi (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007).

Ainsi, d'après les définitions présentées, on peut retenir les éléments suivants : la dyslexie est un trouble de l'identification de mots écrits qui survient en dehors de toute autre déficience, qu'elle soit physique, mentale ou sociale. L'origine neurobiologique et génétique est avancée par certains. Le déficit des compétences phonologiques ne se retrouve pas dans toutes les définitions et nous verrons ultérieurement que les auteurs ne sont pas toujours d'accord sur son admission ou non parmi les critères d'inclusion du diagnostic de dyslexie.

1.1.3. Manifestations de la dyslexie

Pour Habib et Joly-Pottuz (2008), dans la majorité des cas, l'enfant dyslexique a du mal à développer correctement sa conscience phonologique. Cela entraîne d'importantes difficultés au niveau de la correspondance graphèmes-phonèmes. Selon eux, on observe tout d'abord chez l'enfant dyslexique des symptômes auditifs. Les épreuves de répétition ou de transcription de sons entendus sont échouées. La perception auditive est bonne mais le traitement spécifique des sons de la parole est différent chez les personnes dyslexiques. Des confusions auditives sont notées

comme par exemple [f]/[v] ou [k]/[g]. Ces paires de sons ne diffèrent que par un trait phonétique et sont donc très proches au niveau auditif.

Habib et Joly-Pottuz (2008) parlent également d'un symptôme visuel chez les enfants dyslexiques. Il concerne la confusion de lettres visuellement proches comme par exemple le p et le q ou encore le « b » et le « d ». Ce symptôme a été pendant longtemps considéré comme la cause de la dyslexie, mais il est aujourd'hui plutôt considéré comme un trouble associé. Lorsque les confusions visuelles sont importantes, elles peuvent s'étendre à des groupes de lettres.

Des symptômes séquentiels sont aussi notés. Il s'agit d'un « défaut de maturation des systèmes permettant de traiter la succession d'événements dans le temps ». Cela donne lieu à des inversions de lettres, de sons ou même de mots (Habib et Joly-Pottuz, 2008, p 261).

Les 3 symptômes présentés ici ne se retrouvent pas chez toutes les personnes dyslexiques et ne sont pas exhaustifs. Habib et Joly-Pottuz (2008) présentent ce qu'ils appellent « la constellation des dys ». Pour eux, tous les troubles présentés pourraient se retrouver chez une même personne. Cela va à l'encontre de ce qui a été vu précédemment en ce qui concerne la spécificité des troubles de la lecture dans la dyslexie.

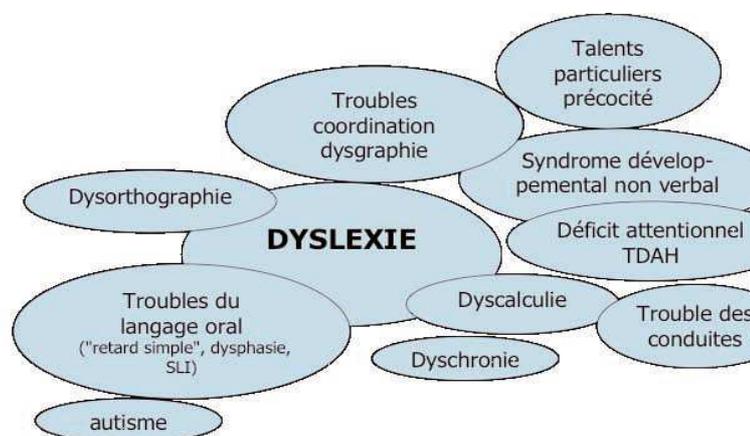


Figure 1 : La constellation des dys (Habib et Joly-Pottuz, 2008, p262)

1.1.4. Classification des différents types de dyslexies

Elena Boder (1973), propose une classification des dyslexies présentant 3 sous-groupes : la dyslexie dysphonétique (ou phonologique), la dyslexie dyséidétique (ou de surface) et la dyslexie mixte. Depuis cette présentation, d'autres types de dyslexies ont été évoqués, telle que la dyslexie visuo-attentionnelle (Valdois et al, 2007). Nous allons reprendre les différents sous-groupes.

1.1.4.1. La dyslexie dysphonétique

La dyslexie dysphonétique est caractérisée par une atteinte de la voie d'assemblage (Campolini et al, 2000). Si nous reprenons la constellation des dys, le langage oral est atteint pour ce type de dyslexie, notamment la conscience phonologique (Habib et Joly-Pottuz, 2008). Il est noté par exemple des difficultés au niveau des rimes ou pour segmenter les syllabes. Un enfant qui présente une dyslexie phonologique présente plus généralement un trouble phonologique. Celui-ci est caractérisé par un défaut de segmentation et de mémoire.

La lecture des mots est globale. Si le mot cible n'est pas stocké dans son lexique interne, le patient ne peut le déchiffrer puisque pour ce type de dyslexie, la conversion graphème-phonème ne peut se fixer. Ainsi, les mots sont mieux lus lorsqu'ils sont en contexte puisque le patient peut suppléer et davantage « deviner » le mot (Boder, 1973).

1.1.4.2. La dyslexie dyséidétique

Elle est également appelée dyslexie visuelle. Il s'agit d'une « forme de dyslexie de développement périphérique caractérisée par la présence de nombreuses paralexies visuelles non sémantiques en lecture de mots isolés » (Campolini et al, 2000, p 83).

La conscience phonologique est, dans ce cas, préservée. Si l'enfant développe parfaitement le jeu de correspondance grapho-phonétique, il ne peut cependant pas passer à un mode de lecture global. Il reste à un stade de déchiffrage. Or, un lecteur expert passe par la voie globale (voie d'adressage) pour gagner en rapidité de lecture et limiter le coût cognitif. Pour pallier ce manque de rapidité, l'enfant présentant une dyslexie visuelle commettra de nombreuses paralexies visuelles. Il lira un mot à la place d'un autre visuellement proche. La lecture reste malgré tout lente. L'enfant bénéficie d'une aide par le contexte puisqu'il a plus de chance de « deviner » les mots. Par exemple, au test de l'Alouette (Lefavrais, 1967), il fera de nombreuses paralexies visuelles. En revanche, avec un texte porteur de sens, ces paralexies pourront passer inaperçues puisque l'enfant aura plus de chances de deviner le bon mot (Habib et Joly-Pottuz, 2008).

Elena Boder (1973) parle de patients « letter-blind ». Pour elle, les patients présentant une dyslexie de surface ont du mal à mémoriser les mots dans leur globalité mais également à fixer la forme des lettres, ce qui peut donner un effet de cécité. Ils lisent les mots comme s'ils les voyaient pour la première fois.

1.1.4.3. La dyslexie mixte

La dyslexie mixte combine les difficultés des deux types de dyslexies vus précédemment. L'enfant présentera des difficultés au niveau de la conversion grapho-phonétique qui empêcheront la mise en place d'un stock orthographique suffisant (Klein, 2010).

1.1.4.4. La dyslexie visuo-attentionnelle

Pour Habib et Joly-Pottuz (2008), elle ne fait qu'un avec la dyslexie de surface. Pour eux, ce type de dyslexie est souvent associé à un syndrome développemental non verbal, des difficultés au niveau spatial et au niveau attentionnel, pouvant aller jusqu'à un trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité.

Cependant, selon les études, les résultats ne montrent pas les mêmes occurrences.

Pour d'autres auteurs, la dyslexie visuo-attentionnelle est bien différente de la dyslexie de surface. Pour Valdois et al (2007), les difficultés attentionnelles ne seraient pas un simple trouble associé mais bien une particularité de cette dyslexie. On y retrouve des sauts de lettres, de mots ou même de lignes entières. L'empan visuel étant faible, la lecture est lente et saccadée.

Cependant, selon le rapport INSERM (2007), les études chargées de mesurer l'empan visuo-attentionnel utilisent des tâches de reconnaissance de lettres ou des chiffres. Il est donc difficile d'établir la part du déficit visuo-attentionnel de celle d'un trouble d'acquisition de la lecture qui serait déjà présent chez l'enfant. De plus, ces tests ne peuvent pas être proposés avant l'apprentissage de la lecture, ce qui, toujours selon ce rapport, « entrave la démonstration d'un lien causal prédictif » (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007, p 518).

Ainsi, ce type de dyslexie qui fait débat est loin d'être consensuel.

1.1.5. État des lieux actuel

La classification de Boder (1973) reste la plus utilisée car les tests actuels se placent dans le contexte théorique du modèle de lecture à double voie de Coltheart (1978). Cependant, certaines études plus récentes présentées ci-après reviennent sur ce modèle et préfèrent parler d'interdépendance des deux voies. Pour eux, les deux voies ne seraient pas indépendantes mais s'influenceraient l'une et l'autre.

Pour Coltheart (1978), lorsqu'un mot est connu, il est lu ou écrit via la voie d'adressage. Or, d'après Lucci et Millet (1994), il est fréquent que les erreurs

concernent des mots familiers. Selon Coltheart (1978), pour l'écriture des mots inconnus, le sujet utiliserait la voie indirecte. Mais d'après l'étude de Véronis (1988), cela ne permettrait une écriture correcte que d'un mot sur deux en français. Cela suppose donc que d'autres procédures entrent en jeu.

Campbell (1983) a réalisé une étude auprès d'étudiants anglais. Il s'agissait d'une tâche de décision lexicale sur présentation orale. Les sujets devaient dire si le mot présenté existait ou non, auquel cas ils devaient essayer de l'épeler. Les non-mots étaient précédés d'un mot-amorce avec la même sonorité. Par exemple, le non-mot « prein » était précédé de « brain » ou « crane ». Les résultats mettent en évidence une influence du mot-amorce sur l'épellation du non-mot. Dans le cas du non-mot « prein », il était préférentiellement écrit avec le graphème « ain » lorsqu'il était précédé de « brain » et avec le graphème « ane » lorsqu'il était précédé de « crane ». Barry et Seymour (1988) ajoutent que la fréquence d'utilisation des graphèmes a également une influence sur l'écriture de mots inconnus. En effet, on choisira préférentiellement un graphème fréquent.

D'autre part, certains auteurs comme Cassar et Treiman (1997) ont mis en évidence une sensibilité précoce aux régularités orthographiques, chez des petits anglais, dès la dernière année de maternelle. Des études similaires ont été menées en français par Pacton et al (1999), notamment sur le doublement des consonnes. Les enfants d'élémentaire devaient désigner parmi une paire de non-mots, celui qui serait le plus susceptible d'exister en français. Plus de 80% des CP préféraient les doublements de consonnes en position médiane et de consonnes habituellement doublées en français. Cela montre une influence de la voie d'adressage sur la voie d'assemblage et une précocité de cette sensibilité aux régularités orthographiques de notre langue.

Coltheart et al (2001) ont proposé un modèle « en cascade », le « Dual Route Cascade Model » (DCR). L'apport de ce modèle est multiple. D'une part, la notion de « cascade » indique que l'activation d'un niveau du modèle implique l'activation des autres niveaux. De plus, pour qu'un niveau soit activé, il faut que le niveau précédent l'ait aussi été. D'autre part, ces auteurs ont mis en évidence 3 voies :

- La *voie non lexicale*, qui convertit des « suites de lettres en une suite de phonèmes grâce à des règles de conversion grapho-phonétique » (Iannuzzi, 2010, p 41). Le phonème produit à partir du graphème est celui qui lui est le

plus fréquemment associé à l'oral. Ce processus ne concerne que les langues opaques, dans lesquelles un graphème peut correspondre à plusieurs phonèmes. Par exemple, en anglais, la graphie « ea » se prononce différemment dans « tea », « sweat » et « break ». Lors de la conversion grapho-phonétique, le phonème émis sera celui dont la fréquence est la plus élevée dans la langue du lecteur. D'autre part, certains graphèmes pourront correspondre à plusieurs phonèmes, en fonction des lettres à côté desquelles ils sont placés dans le mot. C'est le cas des graphies contextuelles : par exemple, le graphème « c » sera lu /k/ devant un « a » et /s/ devant un « i ».

- La *voie lexicale non sémantique* va permettre l'activation de « traits visuels » à partir d'un mot présenté, qui vont eux-mêmes devenir des « unités lettres » (Iannuzzi, 2010, p 42). Cette représentation orthographique va ensuite être activée dans le lexique orthographique d'entrée, à partir duquel va découler l'activation du lexique phonologique de sortie sans passer par le système sémantique. En parallèle, les phonèmes correspondants seront activés.
- La *voie lexicale sémantique* n'a pas été modélisée par Coltheart et al mais par Harm et Seidenberg en 2004. Elle permet une « connexion directe entre les lexiques orthographiques et phonologiques et le système sémantique » (Iannuzzi, 2010, p 42).

Enfin, des connexions excitatrices et inhibitrices permettent l'interaction des différents niveaux entre eux. Ces connexions se propagent graduellement. Ce modèle va également en faveur de l'interdépendance des deux voies, car les voies lexicales et non lexicales partagent des niveaux communs. Un passage de l'une à l'autre est donc possible.

1.1.6. Facteurs de risques et facteurs associés

Tout d'abord, certains auteurs ont mis en évidence une influence des facteurs pré et périnataux sur les troubles de la lecture. Ainsi, un faible poids de naissance, un jeune âge maternel, un faible niveau d'études de la mère, une situation de monoparentalité seraient autant de facteurs susceptibles de causer des troubles de la lecture (Silva et al, 1983 ; Stanton-Chapman et al, 2002). Cependant, d'autres études ne retrouvent pas cette relation entre situation pré ou périnatale et troubles de la lecture (Esser et Schmitd, 1994).

Ensuite, les troubles du langage oral semblent avoir une influence prouvée sur les troubles du langage écrit. Kamhi et Catts (2002) ont mené une étude de cohorte

auprès d'enfants entre la maternelle et le primaire. Ils ont mis en évidence des problèmes de lecture chez 63% des enfants qui présentaient des troubles du langage oral contre 8,5% chez des patients sans problème de langage oral repéré. D'un point de vue clinique, il est admis que plus de la moitié des enfants dyslexiques ont présenté un retard dans l'acquisition du langage oral (Habib et Joly-Pottuz, 2008).

Peu d'études se sont intéressées à l'influence du milieu socio-économique sur la lecture. Cependant, Molfese et al (2003), ont mesuré le niveau socio-culturel des enfants à 3 ans et leurs performances en lecture à 10 ans. Ils ont ainsi mis en évidence un lien entre milieu social et niveau de lecture. Cela a été confirmé par une étude de cohorte menée de 1987 à 1994 qui a repéré un effet négatif du niveau socioculturel défavorisé sur les performances en langage écrit (Watier et al, 2006).

Outre le milieu socio-économique, le caractère familial a un impact sur les compétences en lecture. En effet, certaines études ont mis en avant que le risque d'être dyslexique est plus important dans les familles comprenant déjà des personnes dyslexiques. Par exemple, Scarborough (1998) met en évidence une dyslexie chez 40% des enfants dans ces familles. En revanche, seuls 10% d'enfants dyslexiques sont issus de familles « non-dyslexiques ».

Enfin, il est noté une influence du sexe sur la dyslexie. La cohorte de Gazel (Fombonne et Vermeersch, 1997) met en évidence que les troubles de la lecture sont 1,5 à 3 fois plus fréquents chez les garçons que chez les filles.

1.2. Classifications internationales

Trois classifications sont à notre disposition : celle de l'organisation mondiale de la santé (CIM-10), la classification française des troubles mentaux de l'enfant et de l'adolescent (CFTMEA), et celle de l'association américaine de psychiatrie (DSM-IV et depuis 2013 DSM V).

1.2.1. La classification internationale des maladies, 10ème révision (CIM-10)

La CIM-10 classe la dyslexie comme tel :

- I- Troubles mentaux et du comportement
- I.1- Troubles du développement psychologique
- I.1.2-Troubles spécifiques du développement des acquisitions scolaires

La CIM-10 indique que « le retard ou le déficit était présent dès qu'il pouvait être mis en évidence avec certitude » (caractère développemental) et qu'il « diminue progressivement avec l'âge mais des déficits légers peuvent toutefois persister à l'âge adulte » (Organisation Mondiale de la Santé, 1994, p 220).

Cette classification précise que les « troubles spécifiques du développement des acquisitions scolaires » sont présents « dès les premières étapes du développement ». Cela souligne bien le caractère développemental de la dyslexie. Par ailleurs, d'après la CIM 10 ces troubles ne sont pas dus « à un traumatisme cérébral ou à une atteinte cérébrale acquise » (Organisation Mondiale de la Santé, 1994, p 220).

De plus, en ce qui concerne le trouble spécifique de la lecture, il est « non imputable à un âge mental bas, à des troubles de l'acuité visuelle ou à une scolarisation inadéquate ». La CIM 10 souligne ici son caractère spécifique, même si les sujets dyslexiques présentent souvent des « antécédents de troubles de la parole ou du langage » et des « troubles émotionnels et de perturbations du comportement » (Organisation Mondiale de la Santé, 1994, p 220).

Au moins un de ces deux critères doit être retrouvé :

- « La note obtenue à une épreuve standardisée d'exactitude ou de compréhension de la lecture se situe à au moins deux écarts-types en dessous du niveau escompté, compte tenu de l'âge chronologique et de l'intelligence générale de l'enfant ; l'évaluation des performances en lecture et du QI doit se faire avec des tests administrés individuellement et standardisés en fonction de la culture et du système scolaire de l'enfant ».
- « Antécédents de difficultés sévères en lecture, ou de résultats de tests ayant répondu au critère 1 à un âge antérieur ; en outre le résultat obtenu à un test d'orthographe se situe à au moins deux écarts-types en dessous du niveau escompté, compte tenu de l'âge chronologique et du QI » (Organisation Mondiale de la Santé, 1994, p 220).

1.2.2. La classification française des troubles mentaux de l'enfant et de l'adolescent (CFTMEA)

La CFTMEA a la particularité de faire figurer la dyslexie dans deux de ses chapitres, et présente deux approches différentes de la dyslexie.

La première est en accord avec la CIM 10, et inclut la dyslexie dans :

- I- Les troubles du développement et des fonctions instrumentales
- I.1- Troubles lexicographiques
- I.1.2- Troubles cognitifs et des acquisitions scolaires.

La dyslexie est alors retrouvée sous le terme de « dyslexie isolée ».

Dans cette classification, la dyslexie figure aussi dans le sous-chapitre « troubles névrotiques avec perturbations prédominantes des fonctions instrumentales » ou encore dans la « dysharmonie évolutive ». Cette approche inclut alors la dyslexie dans l'organisation psychique de l'enfant, de façon dynamique et non plus isolée. Pour la CFTMEA, ces deux approches s'excluent mutuellement, et c'est le clinicien qui procède au diagnostic différentiel.

1.2.3. Le manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux V, de l'anglais Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM V)

Le DSM V est une version plus récente du DSM IV. Dans l'ancienne version, on retrouvait déjà le caractère développemental et spécifique de la dyslexie. Celle-ci précise que le sujet doit avoir bénéficié d'un enseignement adapté et ne doit pas présenter d'autres troubles pouvant expliquer les difficultés au niveau de la lecture.

Le DSM V classe la dyslexie comme tel :

- I- Troubles neuro développementaux
- I.1- Troubles spécifique des apprentissages

Dans ce sous chapitre sont regroupés les troubles avec déficit de la lecture, les troubles avec déficit de l'expression écrite, et ceux avec déficit du calcul.

Ces troubles spécifiques des apprentissages avec déficit en lecture concernent l'exactitude de la lecture des mots, le rythme et fluidité de la lecture, et la compréhension de la lecture. La dyslexie englobe les troubles d'identification des mots et des difficultés en orthographe.

Le DSM V souligne que les différents troubles (de lecture, d'expression écrite ou du calcul) doivent être codés séparément, chaque déficit est ainsi pris en compte de manière isolée.

Les caractéristiques diagnostiques pour le DSM V sont les suivantes :

- Le trouble spécifique d'apprentissage est un trouble neuro développemental, d'origine biologique associé à des anomalies cognitives et des symptômes comportementaux.
- Les difficultés persistent depuis plus de 6 mois malgré les aides mises en place. Au moins un des symptômes suivants doit être retrouvé :
 - lecture des mots inexacte ou lente et réalisée péniblement
 - difficulté à comprendre le sens de ce qui est lu
 - difficulté à épeler
 - difficulté d'expression écrite
 - difficulté à maîtriser le sens des nombres
 - difficulté de raisonnement mathématique

Des test standardisés et une évaluation clinique doivent mettre en évidence chez le sujet des compétences en-dessous du niveau attendu pour son âge. Un score inférieur ou égal à -1,5 ET par rapport à la moyenne de la population du même âge (ou inférieur au 7e percentile à au moins un des subtests) est nécessaire. Les difficultés du patient doivent interférer sur sa vie courante et doivent débuter pendant sa scolarité.

Enfin, ces difficultés ne s'expliquent pas par un déficit intellectuel, des troubles sensoriels, neurologiques, mentaux ou psychologiques et le sujet doit avoir bénéficié d'un enseignement adapté.

1.3. Les hypothèses explicatives

D'après Sprenger-Charolles et Colé (2013), la majorité des études avancent l'idée que presque tous les patients dyslexiques éprouvent des difficultés à utiliser la voie phonologique. L'origine de ce déficit reste débattue et nous verrons ici les différentes hypothèses explicatives de la dyslexie. L'hypothèse la plus consensuelle est celle d'un déficit phonologique, mais certains auteurs ont pu mettre en évidence un dysfonctionnement plus global qui serait la cause des difficultés de ces patients à utiliser la voie phonologique.

1.3.1. L'hypothèse phonologique

L'origine du trouble des patients dyslexiques est un « déficit de leurs habiletés phonologiques » et ce « en dehors de la lecture » (Sprenger-Charolles et Colé, 2013, p 181). Ce déficit concernerait « principalement les capacités de segmentation

phonémique et de mémoire à court terme phonologique » (Sprenger-Charolles, 2013, p 208). Il est important de noter que selon Ziegler et al (2008) ces déficits se retrouvent dans les deux types de dyslexies, aussi bien phonologique que de surface.

Ce qui caractérise les sujets qui présentent une dyslexie, c'est « une sévère difficulté de mise en œuvre et d'automatisation » du décodage, et des « difficultés pour mettre en relation les graphèmes et les phonèmes » (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007, p 391). De plus, selon les études comparatives qui traitent de l'hypothèse phonologique et des hypothèses alternatives, les dyslexiques « présentent un déficit phonologique, mais pas forcément un déficit visuel ou moteur » (Rapport d'expertise collective INSERM 2007, p 394).

Plus précisément, Melby-Lervag et al (2012) ont publié une méta-analyse des articles étudiant les relations entre d'une part, la conscience phonémique, le jugement de rimes, et la mémoire verbale à court terme, et d'autre part, les compétences en lecture des enfants dyslexiques.

Ils ont rapporté que ceux-ci présentaient un déficit important de leur conscience phonémique par rapport à des enfants normo-lecteurs de même âge. Pour ces auteurs, un enfant qui n'est pas capable de dissocier et séparer les phonèmes d'un mot ne pourra pas mettre en place la voie d'assemblage. Selon eux, le déficit des sujets dyslexiques se situe davantage au niveau des compétences phonémiques, qu'au niveau de la mémoire à court terme phonologique.

D'ailleurs, Burani et al (2008), ont mis en évidence qu'en lecture de pseudo-mots, les enfants dyslexiques avaient davantage recours à l'analyse morphémique que les enfants normo-lecteurs de même niveau de lecture. On peut alors penser qu'ils compensent un déficit de leur voie phonologique.

Ce déficit est plus important quand la langue maternelle des patients dyslexiques est opaque (Paulesu et al, 2001). Cela confirmerait que leur trouble se situe au niveau de la conversion graphèmes-phonèmes. Pour l'INSERM (2007) ces éléments témoignent de la fiabilité de l'hypothèse phonologique.

En outre, le fait que de nombreuses études aient mis en évidence que ce déficit se retrouvait chez tous les dyslexiques, qu'ils présentent une dyslexie phonologique ou de surface, suppose « que le déficit de la procédure phonologique est robuste et prévalent » (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007, p 668).

1.3.2. Les explications non phonologiques

1.3.2.1. L'hypothèse visuelle dite classique

L'idée que le patient dyslexique confond les lettres visuellement proches (« b »/ « d ») reste très répandue. L'ancienneté de certaines de ces études peut être déplorée, comme celle d'Orton (1937).

De plus, les confusions dites visuelles pourraient être expliquées par une atteinte phonologique. En effet, les graphèmes confondus (par exemple « b »/ « d ») correspondent à des phonèmes proches phonologiquement (2 traits phonologiques en commun). Pour valider l'hypothèse visuelle, il faudrait que les confusions ne concernent que les consonnes visuellement proches. Or cela ne se vérifie pas, les dyslexiques feraient autant de confusions [b]/[d] que [p]/[t] (Sprenger-Charolles et al, 1997).

1.3.2.2. L'hypothèse d'un déficit visuo-attentionnel

1.3.2.2.1. Généralités

Plusieurs auteurs ont souligné la prédictivité des capacités attentionnelles sur les compétences en lecture. Par exemple, Casco et al (1998) ont mis en évidence la corrélation entre l'attention visuo-spatiale et la lecture chez des enfants de 11 à 12 ans.

Des études ont également suggéré que l'entraînement de l'attention visuelle avait pour conséquence des progrès en lecture. Les compétences en lecture seraient améliorées par l'entraînement de l'attention sélective (Valdois et Launay, 1999), et des capacités d'orientation spatiale (Lorusso et al, 2005 ; Facoetti et al, 2003).

Néanmoins, il faut noter le caractère isolé de ces travaux: la majorité des articles sur les hypothèses visuo-attentionnelles sont publiés par un nombre limité d'auteurs (Valdois S. pour la dyslexie visuelle par exemple.) D'autre part, ces théories ne font pas consensus au sein de la communauté scientifique : « il est parfaitement plausible que ceux-ci (les troubles visuo-attentionnels) expliquent les troubles de lecture d'une fraction (à déterminer) des enfants dyslexiques. Mais en l'état actuel des connaissances, leur nature reste mal comprise et leur pouvoir explicatif n'est pas clairement établi » (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007 p 518). Le trouble visuo-attentionnel « pourrait très bien être non pas la cause mais la conséquence du trouble d'apprentissage de la lecture causé par un déficit phonologique » (Rapport d'expertise, INSERM, 2007 p 518). En effet, l'apprentissage de la lecture entraîne les

capacités d'attention visuelle : il paraît donc normal que les enfants dyslexiques, qui lisent moins, n'aient pas les mêmes capacités visuo-attentionnelles que les enfants normo-lecteurs.

Par ailleurs, Ramus et al (2003), Vellutino et al (2004), mettent en avant le déficit phonologique comme seule cause de la dyslexie.

1.3.2.2.2. Le point de fixation optimal du regard lors de la lecture

Quand un sujet lit, ses yeux effectuent de façon alternative des saccades et des fixations. Les saccades sont des mouvements rapides et automatiques (mouvements non volontaires, indépendants des capacités attentionnelles). Ils ne correspondent pas à une vision utile : ils permettent de passer d'un point de fixation à un autre. Les mots nécessaires à la compréhension d'un texte représentent 85 % des mots fixés, et leur longueur est proportionnelle à leur chance d'être fixés (Rayner, 1998). Les fixations sont donc indispensables à la bonne compréhension d'un texte.

Ainsi en découle la notion de point de fixation optimal, ou OVP (optimal viewing position). Il se situe au milieu des mots, légèrement décalé vers la gauche, dans les écritures qui se lisent de gauche à droite (O'Regan et Jacobs, 1992). La reconnaissance d'un mot est optimale quand la fixation de l'œil du lecteur correspond à l'OVP.

O'Regan et Jacobs, (1992) parlent d' « asymétrie gauche-droite » ; c'est à dire que les capacités de reconnaissance sont moins bonnes en cas de décalage de la fixation par rapport à l'OVP vers la droite, qu'en cas de décalage vers la gauche. Le point de fixation le moins adapté à la reconnaissance de mots se situe donc à la fin du mot (en moyenne, la 4ème ou 5ème lettre). La sensibilité à l'OVP s'observe aussi bien chez le lecteur débutant que chez l'expert (Aghababien et Nazir, 2000).

Chez les dyslexiques, l'asymétrie normalement retrouvée chez les normo-lecteurs est moins marquée, ils traiteraient donc l'information visuelle de manière atypique (Ducrot et al, 2003).

Des critiques ont néanmoins été émises au sujet de ces études : l'ensemble des dyslexiques qui ont participé à l'expérience de Ducrot et al (2003) présenteraient un « déficit phonologique sévère en lecture » (Sprenger-Charolles et al, 2009, p 195). Pour eux, même si ces dyslexiques faisaient l'objet d'un déficit de traitement visuel, il était accompagné d'un trouble phonologique.

Fischer et Hartnegg (2000) suggéraient que les fixations visuelles en situation de lecture étaient différentes chez les enfants dyslexiques et les normo-lecteurs. Ces différences ne se retrouvent pas avant 7 ans mais croissent de plus en plus après cet âge. Cependant, ces différences seraient davantage à mettre en lien avec « l'amélioration des capacités visuelles des témoins (enfants normo-lecteurs) due à l'entraînement procuré par la lecture, qu'à un réel déficit des dyslexiques présent avant l'apprentissage de la lecture » (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007, p 519).

1.3.2.2.3. L'hypothèse du trouble de l'orientation de l'attention visuelle

Pour d'autres auteurs, les sujets dyslexiques souffriraient d'un trouble de l'orientation de l'attention visuelle qui relève, elle, des fonctions exécutives. Facoetti et al, (2001), suggèrent une hyperattractivité de l'attention visuelle des dyslexiques vers le champ visuel droit. D'autres parlent d'une négligence gauche (Facoetti et al, 2000, Hari et Renvall, 2001).

En 2012, Franceschini et al se sont posé la question de la prédictivité des troubles de l'orientation de l'attention visuelle sur les compétences en lecture, par le biais d'une étude longitudinale qui a suivi des enfants âgés de 5 à 8 ans. Selon leur étude, à 5 ans, les « futurs » dyslexiques faisaient en moyenne 6 erreurs de plus lors d'un test de barrage, que les enfants non diagnostiqués dyslexiques au cours de l'étude. Selon eux, le déficit de l'attention visuo-spatiale est donc prédictif des futures capacités de lecture, indépendamment des capacités phonologiques (Franceschini et al, 2012).

Cependant, « aucune étude longitudinale démarrant avant l'apprentissage de la lecture n'a pour l'instant établi que le trouble (d'orientation visuelle) était présent chez les dyslexiques avant l'apprentissage, et était prédictif des problèmes de lecture » (Rapport d'expertise collective INSERM, 2007, p 517). Ce rapport souligne un biais méthodologique dans la majorité de ces études : les dyslexiques sont, selon ce rapport, plutôt appariés en âge réel qu'en âge de lecture (avec des enfants normo-lecteurs plus jeunes).

1.3.2.3. L'hypothèse magnocellulaire

Les cellules magnocellulaires représentent 10 % des cellules ganglionnaires de la rétine, elles sont plus grosses, plus myélinisées et transmettent les informations

plus rapidement (Shapley et Perry, 1986). Elles permettent l'analyse d'événements transitoires et en mouvement, ainsi que le traitement global d'un mot et la perception des contrastes. Le système parvocellulaire, lui, traite les stimuli continus, lents ou statiques, et sert à l'analyse des détails.

Livingstone et al, (1991), ont apporté des éléments cliniques en faveur de l'hypothèse magnocellulaire : des stimuli caractérisés soit par des faibles contrastes, soit par des contrastes forts, ont été présentés à 6 dyslexiques et à 4 sujets témoins. Les électroencéphalogrammes des sujets dyslexiques ont mis en évidence des résultats indifférenciés pour les stimuli à faibles contrastes, contrairement au groupe témoin. Les auteurs concluent alors à une atteinte du système magnocellulaire. Cependant, cette étude souffrirait de plusieurs biais méthodologiques, notamment le nombre faible de sujets observés (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007).

Des auteurs ont publié d'autres études mettant en avant l'hypothèse magnocellulaire. L'une d'elle expose l'idée d'un contrôle oculomoteur atypique (Pavlidis, 1981). Le système magnocellulaire serait responsable d'un trouble des mouvements oculaires chez les dyslexiques, ce qui expliquerait leur trouble de lecture.

Plusieurs travaux contredisent cette théorie : selon l'INSERM (2007), l'atypie des mouvements oculomoteurs serait la conséquence des difficultés en lecture et non la cause. De plus, les mouvements oculomoteurs atypiques ne se retrouvent plus quand la tâche demandée n'implique pas la lecture. On ne peut donc conclure à la présence de troubles oculomoteurs chez les dyslexiques, mais uniquement à une atypie des mouvements oculomoteurs lors d'une tâche spécifique de lecture (Hutzler et al, 2006). En outre, le pattern oculomoteur des enfants dyslexiques serait identique à celui d'enfants plus jeunes de niveau de lecture égal (Hyona et Olson, 1995).

Enfin, il serait contre-intuitif de faire le lien entre le système magnocellulaire et la dyslexie, car la lecture requiert une analyse précise de stimuli immobiles et continus, en vision centrale. Or, ce type de traitement relève du système parvocellulaire et non magnocellulaire (Sprenger-Charolles et Colé, 2013).

1.3.2.4. Conclusion des hypothèses visuelles

En conclusion, peu de sujets dyslexiques présentent un déficit visuel. Celui-ci serait accompagné d'un déficit phonologique dans la majorité des cas (Sprenger-Charolles et Colé, 2013).

Cependant, ces auteurs ne remettent pas en cause la nature visuelle des troubles observés chez certains enfants dyslexiques, et ne réfutent pas l'hypothèse de l'existence de « sous-types de dyslexies visuelles » (Sprenger-Charolles et Colé, 2013, p 202). Toutefois, elles nuancent leurs propos en s'appuyant sur le rapport INSERM de 2007. Selon ce rapport, « les recherches empiriques dans ce domaine sont pour l'instant insuffisantes et n'ont pas conduit à des théories abouties et validées » (Rapport d'expertise INSERM, 2007, p 530).

De plus, Sprenger-Charolles et Colé (2013), nous font part de deux synthèses réalisées en 2009 à la demande de l'Académie américaine de Pédiatrie pour l'une, et à la demande d'ophtalmologues anglais pour l'autre. Trois constats en ressortent principalement : l'explication principale de la dyslexie relève de « problèmes liés au traitement du langage », les déficits visuels ne sont pas la « cause première de la dyslexie », et les « thérapies comportementales basées sur des entraînements ou des traitements supposés améliorer les capacités visuelles des dyslexiques, quels que soient ces entraînements (par exemple, entraînement des mouvements oculaires) ou ces traitements (par exemple, port de verres ou de lentilles spéciales) ne peuvent être recommandés » (Sprenger-Charolles et Colé, 2013, p 203).

Au final, « les seules études qui ont mis en relief des résultats nouveaux qui semblent robustes sur l'implication de la perception visuelle dans la dyslexie sont celles qui ont montré que l'espacement des lettres permettait d'améliorer la lecture chez les dyslexiques, tant pour la précision que pour la vitesse » (Sprenger-Charolles et Colé, 2013, p 203). Ces auteurs font référence aux études de Zorzi et al et de Perea et al en 2012.

Il reste évident que l'orthophoniste devra s'assurer de l'absence de troubles de la perception visuelle ou de troubles oculomoteurs pour procéder au diagnostic différentiel de trouble d'apprentissage de la lecture secondaire à un déficit visuel.

1.3.2.5. L'hypothèse du déficit des traitements temporels auditifs

1.3.2.5.1. Généralités

Pour certains auteurs, le trouble phonologique des sujets dyslexiques proviendrait d'un déficit des traitements rapides en perception auditive : ces sujets seraient incapables de traiter des informations acoustiques brèves qui se succèdent rapidement (Tallal et al, 1993).

Or, le traitement des phonèmes requiert une analyse précise des fréquences de la parole sur de très courtes durées : la transition formantique entre deux phonèmes n'est que de 40 ms. Cette transition est nécessaire à une bonne discrimination des phonèmes et à l'élaboration de capacités normales de conscience phonologique. Pour Tallal et al, (1993) les capacités de traitement temporel rapide peuvent être évaluées dès la première année de l'enfant et le résultat peut être prédictif des capacités ultérieures de compréhension du langage.

1.3.2.5.2. Le JOT : jugement d'ordre temporel

L'expérience du JOT a pour but d'évaluer un éventuel déficit des traitements temporels auditifs rapides. Elle est la plus fréquemment rencontrée dans la littérature. Elle a été menée chez des enfants dyslexiques par Tallal, en 1980. Deux stimuli non verbaux étaient présentés à des enfants dyslexiques, et ils devaient déterminer si ces stimuli étaient les mêmes (évaluation de la capacité de discrimination), et dans quel ordre ils apparaissaient (évaluation du JOT). Les enfants qui présentent une dyslexie ont été comparés à un groupe témoins. Les résultats montrent qu'aucune différence n'est retrouvée entre les deux groupes pour les stimuli de longue durée. En revanche, pour les intervalles de courte durée, les enfants dyslexiques ont obtenu des scores inférieurs au groupe témoin des enfants normo lecteurs. Cela prouverait que le cerveau des sujets dyslexiques est incapable de discriminer des stimuli acoustiques brefs qui se succèdent rapidement comme les transitions formantiques des phonèmes. Ils ne parviendraient donc pas à reconnaître et fixer la forme sonore des phonèmes, ce qui expliquerait leur trouble de lecture.

Partant de ce postulat, des études ont ouvert la voie à des pistes de rééducation. L'augmentation artificielle de la durée des transitions formantiques permettrait l'amélioration de la compréhension d'enfants qui présentent un trouble d'acquisition du langage oral ainsi qu'une réduction de leur déficit de traitement temporel rapide (Tallal et al, 1996).

Néanmoins cette hypothèse, ainsi que l'expérience de Tallal et al (1993), ont été critiquées. Sprenger-Charolles et Colé, (2013), se posent la question de la validité de la méthodologie utilisée dans l'expérience du JOT de Tallal. Selon elles, cette étude ne permet pas de prouver que le déficit des patients dyslexiques concerne le jugement d'ordre temporel, ni que ce déficit affecte tous les dyslexiques (55% des dyslexiques de l'étude auraient des scores dans la norme).

De plus, le trouble de conscience phonologique des participants dyslexiques ne serait pas engendré par un déficit de JOT. Ce déficit serait plutôt la cause de troubles type TSLO (trouble spécifique du langage oral) (Share et al, 2002).

Une autre objection vient de Studdert-Kennedy et Mody, (1995) qui ont démontré que lorsque l'on remplace la parole par la non-parole (voix de synthèse), le déficit de JOT disparaît chez les sujets dyslexiques. De plus, en testant les syllabes [sa]/[ʃa] au lieu de [ba]/[da], on ne constate plus de différences entre les participants dyslexiques et le groupe témoin. Ces auteurs en déduisent que le déficit constaté serait engendré par les propriétés des stimuli eux-mêmes et non leur durée.

Walker et al (2002) se sont penchés sur un autre aspect du traitement temporel auditif : le jugement de la durée d'un stimulus. Ainsi, ils ont présenté à des patients dyslexiques des sons qui différaient entre eux soit par leur fréquence, soit par leur durée. Ils ont suggéré que les personnes dyslexiques étaient déficitaires en discrimination de durée des sons et pas en discrimination de fréquence de sons. Ce résultat était corrélé à leur performance en lecture.

1.3.2.6. L'hypothèse cérébelleuse

80 % des sujets dyslexiques présenteraient des déficits impliquant le cervelet (Nicolson et al, 2001). Nicolson et Fawcett (1990) mettent en évidence un déficit des automatismes chez les dyslexiques : leur performance dans une tâche réalisée de façon automatique baisse quand ils doivent en réaliser une autre en parallèle. En outre, l'activité du cervelet serait réduite lors d'activités motrices (Nicolson et al, 1999).

McCrary et al (2000), ont eux, montré que l'activité cérébelleuse était réduite lors d'activités phonologiques, et Brunswick et al (1999) l'ont constaté lors d'activités de lecture.

Cette hypothèse est intéressante car elle permettrait d'expliquer le déficit phonologique des dyslexiques : en effet, c'est le cervelet qui aiderait à établir les représentations phonologiques au cours du développement (Nicolson et al, 2001).

Cependant, selon Ramus et al, en 2003, aucun lien causal entre le déficit cérébelleux et le déficit phonologique des enfants dyslexiques n'a pu être démontré.

1.3.3. Conclusion

En conclusion, les théories non phonologiques restent très controversées. L'hypothèse phonologique est la plus consensuelle : « il existe au sein de la

communauté scientifique un très large consensus sur l'idée qu'un déficit de type phonologique est la cause directe de la plupart des cas de dyslexie » (Rapport d'expertise collective, INSERM, 2007, p 516).

Certaines études se sont intéressées à la typographie, notamment au niveau de la taille et de l'espacement des lettres et de la police. Nous allons à présent nous intéresser à celles-ci.

2. Les aides visuelles

Les propriétés visuelles des textes proposés aux enfants (taille, espacement) ainsi que leur contenu se complexifient avec l'âge. Cependant, selon certains auteurs, elles se complexifient trop rapidement par rapport aux capacités de l'enfant (Hughes et Wilkins, 2000).

2.1. La taille des lettres

La plupart des professionnels s'accordent à préconiser une mise en page aérée. Par exemple, dans la liste d'aménagements pédagogiques pour les enfants dyslexiques proposée par Martinet (2010), il est noté que « les textes dactylographiés avec une police adaptée sans empattement (e. g., Arial, Comic sans MS), de taille suffisamment grande (12 ou 14) et avec des lignes qui ne sont pas trop rapprochées les unes des autres (interlignes de 1,5 voire 2) sont ainsi à privilégier » (Martinet, 2010, p 28). De même, l'association ANAPEDYS (Association Nationale d'Associations d'Adultes et de Parents d'Enfants Dys) présente certains ouvrages adaptés aux enfants dyslexiques tant sur le fond que sur la forme. Elle met ainsi en avant l'utilisation de caractères plus gros. Elle cite les éditions Danger Public, Auzou, La Fée des Mots et Histoires à partager qui proposent des livres adaptés. De plus, dans les classes plus petites pour lesquelles les enfants ne savent pas ou peu lire, les lettres sont plus grandes (Hughes et Wilkins, 2002).

Certains auteurs ont étudié l'impact de la taille des caractères sur la vitesse et la précision de lecture des sujets enfants ou adultes, dyslexiques ou normo-lecteurs.

En 1983, Skottun et Freeman étudient la taille apparente des lettres en relation avec la précision de lecture chez des sujets avec une bonne vision. Les résultats qu'ils obtiennent confirment ce que les professionnels s'accordent à dire : la précision de lecture est meilleure lorsque la taille des lettres augmente. Cornelissen et al (1991) confirment cette étude puisqu'ils suggèrent que les enfants avec ou sans

problème visuel font plus d'erreurs lorsque le texte est écrit plus petit. Cette étude est aussi confirmée par celle de Hughes et Wilkins en 2002, réalisée auprès d'enfants normo-lecteurs de 8 à 11 ans. Toutefois, si l'augmentation de la taille des lettres améliore la lisibilité, cela n'est valable que jusqu'à un certain point. Selon certaines études (Paterson et Tinker, 1929 ; Edermann et Neal, 1968 ; Smith, 1979 ; Legge et al, 1985, cités par Klein, 2010), la zone de confort en terme de lisibilité se situerait entre 6 et 36 points, selon les polices de caractères utilisées et selon les auteurs.

En ce qui concerne la vitesse de lecture, les résultats de l'étude de Chung et al (1998) mettent en évidence qu'elle augmente avec la taille des lettres puis stagne. Elle augmente de nouveau avec une taille extrêmement grande. Selon eux, pour atteindre la meilleure vitesse de lecture, il faut une écriture plus grosse pour la partie du mot qui se situe dans les parties externes du champ visuel (vision périphérique) et une écriture plus petite pour la partie du mot traitée par la vision centrale. On aurait alors des mots présentés de la façon suivante : BOnjoUR.

Bernard et al (2001) confirment que les polices de taille 14 sont plus lisibles que les polices de taille 12 et qu'elles permettent une meilleure rapidité de lecture chez les sujets âgés de plus de 60 ans. Hughes et Wilkins (2002) valident l'effet de la taille des lettres sur la vitesse de lecture.

O'Brien et al (2005) calculent l'effet de la taille des caractères sur la vitesse de lecture chez les sujets sains et les sujets dyslexiques. Les résultats montrent que les dyslexiques ont besoin de lettres plus grandes que les sujets contrôles pour atteindre leur vitesse maximale de lecture. Par exemple, les enfants de CE2 non dyslexiques atteignent leur vitesse maximale de lecture (moyenne : 102,56 mots par minute) avec une hauteur moyenne d' X de 0,177 logMAR (1.0 logMAR = 0,582 cm) alors que les enfants dyslexiques de même niveau scolaire atteignent leur vitesse maximale de lecture (moyenne : 62,45 mots par minute) avec une hauteur d' X moyenne de 0,302 logMAR. Ils confirment ainsi les résultats antérieurs.

Klein (2010) a montré un effet global de la typographie sur la vitesse de lecture chez des enfants dyslexiques et non dyslexiques. Le meilleur temps de lecture a été noté pour la combinaison police Myriad Pro, corps 18 et double interligne. Cependant, au vu des grandes variations interindividuelles, il n'a pas été possible de localiser un effet simple. En ce qui concerne la précision de lecture, elle n'a constaté aucun résultat significatif.

Ainsi, les différents auteurs trouvent tous un effet significatif de la taille des lettres sur la vitesse et la précision de lecture. En revanche, la plupart des études que nous venons de décrire ont été menées chez des sujets normo-lecteurs, de tout âge. Peu d'études se sont concentrées sur l'effet de la taille des caractères sur la lecture des enfants dyslexiques.

2.2. L'espace inter-lettre

Une étude menée par le CNRS en 2012 a mis en avant que l'augmentation de l'espace entre les lettres améliore la vitesse de lecture chez les dyslexiques (Zorzi et al, 2012). Lors de l'expérience, les chercheurs ont présenté un texte avec un espace inter-lettres augmenté de 2,5 points et un texte avec un espace standard (0 point). D'après les résultats, la vitesse de lecture est augmentée de 0,3 syllabes par seconde, ce qui correspond à l'amélioration moyenne chez un enfant dyslexique en une année scolaire (Tressoldi et al, 2001). Cette adaptation montre également une meilleure précision de lecture chez les sujets dyslexiques. Cette aide visuelle est, selon l'étude, spécifique aux enfants dyslexiques puisqu'on ne note pas de différence chez les sujets contrôles.

Pelli et al (2007) expliquent que le crowding, à dissocier de l'acuité visuelle, est le fait qu'une cible soit « masquée » par deux autres cibles qui l'entourent. En 1970, Bouma expliquait que pour un point de fixation donné, il était plus difficile de reconnaître une lettre entourée par deux autres lettres, qu'une lettre isolée ou située à l'extrémité d'une séquence de plusieurs lettres. Zorzi et al (2012) parlent d'« encombrement perceptif ».

Plusieurs auteurs ont mis en évidence le fait que les enfants dyslexiques étaient plus affectés par les effets du crowding que les enfants normo-lecteurs (O'Brien et al, 2005). Legge et al (1997) quant à eux, suggèrent que plus on lit de lettres en une fixation, plus on lit vite. La vitesse de lecture serait alors proportionnelle à l'empan visuel, celui-ci se traduisant par le nombre de lettres lues en une fixation. Partant de ce constat, Pelli et al (2007), ont émis l'hypothèse qu'une augmentation de l'espace entre les mots diminuerait les effets du crowding et améliorerait ainsi les performances en lecture. Les résultats n'ont cependant pas rapporté d'amélioration. Les auteurs expliquent cela par la variation de l'intensité de l'effet du crowding au sein d'un même mot.

Toutefois, Perea et al (2012) montrent des améliorations de la vitesse de lecture lorsque l'espacement inter-lettres est augmenté. Cet effet est majoré sur les mots les plus longs. En outre, ces auteurs ont constaté que l'augmentation de l'espacement inter-lettres améliorerait également la compréhension écrite des enfants dyslexiques. L'augmentation de l'espacement entre les syllabes a aussi été testée dans cette étude : pas d'effet bénéfique, ni néfaste n'ont été relevés par rapport aux paramètres initiaux. Pour eux, il y aurait deux avantages à l'augmentation de l'espacement entre les lettres : une diminution des effets du crowding (qui expliquerait pourquoi l'effet est majoré sur les mots les plus longs) et un encodage de la position des lettres plus précis. Or, l'identification des lettres et de leur place dans un mot joue un rôle très important dans le décodage (Adams, 1979 ; Estes et Brunn, 1987, cités par O'Brien et al, 2005). Skottun et Freeman (1983), ajoutent que la précision de lecture est également meilleure lorsque les lettres sont plus espacées. Les participants ont perçu celles-ci plus grandes. D'après les auteurs, l'espacement des lettres entraîne une baisse des effets du crowding, donc une meilleure clarté des lettres et une perception de grandeur.

L'effet du crowding peut gêner l'apprentissage de la lecture chez les enfants, même pour ceux qui ont une bonne acuité visuelle (Regan et Kothe, 1990). En effet, le lecteur débutant doit passer par la correspondance graphèmes-phonèmes pour lire et il est donc très affecté par le crowding (Frith, 1985). Cette gêne est d'autant plus importante chez l'enfant dyslexique qu'il y est particulièrement sensible (O'Brien et al, 2005). Le lecteur expert, lui, avec une reconnaissance globale du mot ne ressent pas ces effets néfastes.

Sur la base de l'hypothèse visuo-attentionnelle, Klein (2010) émet l'hypothèse qu'un espacement inter-lettres réduit et inter-mots augmenté améliorerait le positionnement de la fenêtre visuo-attentionnelle. Le sujet dyslexique ne ferait alors qu'une fixation pour l'intégralité du mot. Une analyse qualitative des résultats qu'elle a obtenus suggère que ce paramètre améliore effectivement la vitesse de lecture. En revanche, l'analyse statistique ne confirme pas cette observation. Hughes et Wilkins (2002) ont mis en avant qu'une augmentation de l'espace entre les mots améliore la vitesse et la précision de lecture chez les enfants. Mais l'espace entre les lettres du mot n'a pas été réduit. De plus, cette étude n'a pas été menée auprès d'enfants dyslexiques.

Ainsi, les études que nous venons de détailler mettent en avant une amélioration des performances de lecture chez les enfants dyslexiques lorsque les lettres sont plus espacées que la normale, en effaçant les effets néfastes du crowding. L'hypothèse de l'amélioration des performances par réduction de l'espace inter-lettres, sur la base de l'hypothèse visuo-attentionnelle n'a pu aboutir à ce jour.

2.3. La police

2.3.1. Glossaire des termes typographiques

- Le corps est la taille du caractère.
- Le délié est la partie la plus fine du caractère.
- L'empattement est le petit trait qui prolonge les extrémités des traits droits et obliques des lettres.
- La hampe, également appelée « fût », est le trait principal vertical du caractère.
- La hauteur de capitale est la hauteur comprise entre la ligne de pied et l'extrémité supérieure du caractère.
- La hauteur d'X est la hauteur du caractère à l'exclusion des jambages inférieurs et supérieurs.
- Le jambage inférieur est la partie inférieure d'un caractère qui descend sous la ligne de pied.
- Le jambage supérieur est la partie supérieure d'un caractère qui s'élève au-dessus de l'œil.
- La ligne de pied est la ligne imaginaire sur laquelle s'alignent les caractères.
- Le plein est la partie la plus épaisse du caractère.
- La traverse est la partie oblique d'un caractère. (Typographie et Civilisation)

2.3.2. La classification de l'Association Typographique Internationale

La police d'écriture, également appelée fonte désigne « l'ensemble de toutes les lettres et signes qui composent un assortiment de caractères de la même famille » (Larousse). En 1954, Maximilien Vox classe les différentes polices en trois sous-groupes en se basant sur les classifications historiques (Typographie et Civilisation) :

- Les caractères classiques comprenant les polices humanes, galdes et réales.

- Les caractères modernes comprenant les polices didones, mécanes et linéales.
- Les caractères calligraphiques comprenant les polices incisives, scriptes et manuales.

L'Association Typographique Internationale (ATypI) a repris cette classification et y a ajouté la catégorie des fractures et des caractères non latins. Au total, la classification de l'ATypI compte donc 12 types de polices que nous allons développer ci-dessous (Typographie et Civilisation).

2.3.2.1. Les caractères classiques

Ce premier sous-ensemble recoupe des polices avec des caractères présentant un empattement triangulaire, de faibles contrastes entre les pleins et les déliés, un œil petit par rapport aux longs jambages et une inclinaison de l'axe des lettres.

2.3.2.1.1. Les humanes

Cette police présente de faibles contrastes entre les pleins et les déliés. Elle est inclinée vers l'arrière et le « e » présente donc une traverse oblique.

Exemple de la police Centaur :

ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstuvw
xyz I 2 3 4 5 6 7 8 9 0

2.3.2.1.2. Les garaldes

Le contraste entre les pleins et les déliés est plus fort que pour les polices humanes. Les proportions sont plus fines et la traverse oblique du « e » devient horizontale.

Exemple de la police Garamond :

ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ abcdefghijklmnopqrstu
vwxyz 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

2.3.2.1.3. Les réales

Ces polices sont à la jonction entre les garaldes et les didones, que nous verrons plus tard, et tiennent un peu des deux. Les contrastes entre pleins et déliés sont davantage marqués, l'axe se redresse et les empattements s'affinent.

Exemple de la police Times New Roman :

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz
vwxyz1234567890

2.3.2.2. Les caractères modernes

2.3.2.2.1. Les didones

La verticalité de ces caractères est aboutie, les empattements sont horizontaux et les contrastes entre pleins et déliés encore plus forts.

Exemple de la police Bodoni :

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz
vwxyz1234567890

2.3.2.2.2. Les mécanes

Les empattements de ces polices sont épais et le contraste entre les pleins et les déliés est faible.

Exemple de la police Rockwell :

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz
tuvwxyz1234567890

2.3.2.2.3. Les linéales

Il s'agit des caractères sans empattement ou sans serif (terme anglais).

Exemple de la police Arial :

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz
rstuvwxyz1234567890

2.3.2.3. Les caractères calligraphiques

2.3.2.3.1. Les incisives

Elles ressemblent aux linéales. Leurs empattements sont petits et triangulaires.

Exemple de la police Optima :

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz
tuvwxyz1234567890

2.3.2.3.2. Les scriptes

Les polices scriptes sont inspirées de la calligraphie et semblent être écrites à la main.

Exemple de la police Mistral :

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 1 2 3 4 5 6 7
8 9 0

2.3.2.3.3. Les manuales

Ces polices s'inspirent de l'écriture au pinceau. Les caractères sont plus épais.

Exemple de la police Libra :

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j
k l m n o p q r s t u v w x y z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

2.3.2.4. Les fractures

Ces polices sont inspirées de celles du Moyen-Age. Le monumental est privilégié à la lisibilité. Les caractères sont pointus et anguleux.

Exemple de la police Old English text :

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o
p q r s t u v w x y z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

2.3.2.5. Les caractères non latins

Il s'agit des caractères n'appartenant pas à l'alphabet latin, comme l'alphabet arabe ou chinois par exemple.

Exemple de caractères non latins : تغديغ

2.3.3. Police d'écriture et lecture

Il existe donc un large choix de polices mais également de paramètres à prendre en compte, notamment la casse (majuscule, minuscule). L'enfant est dès le début de son apprentissage confronté à 4 types de graphies : cursives minuscules, cursives majuscules, caractères d'imprimerie majuscules et caractères d'imprimerie minuscules. Il doit alors s'approprier tout un jeu de correspondances qui n'est pas clair pour toutes les lettres et peut entraîner de nombreuses confusions. Par exemple, b est plus proche de d que de ℓ (Santos, 2002). Ainsi, Martinet (2010) conseille aux enseignants de privilégier les polices avec des caractères sans empatement qui se rapprochent un peu plus de l'écriture cursive.

Certaines polices ont alors vu le jour pour faciliter la lecture des enfants, et notamment des enfants dyslexiques. C'est par exemple le cas de la police Dyslexie© qui a été fondée par Christian Boer (Auxilidys). Elle est aujourd'hui commercialisée

via Auxilidys. Une version en libre accès de cette police, Open Dyslexic est disponible en ligne (OpenDyslexic). Cette police s'attache à éviter les confusions visuelles habituellement commises. Par exemple, les lettres p, q, b et d ne sont pas symétriques. On remarque que le jambage ascendant du b est légèrement incliné vers la gauche alors que celui du d est légèrement incliné vers la droite. Il en va de même pour la lettre p dont le jambage inférieur est incliné vers la gauche alors que celui de la lettre q présente un empattement dirigé vers la droite. On remarque également que la lettre g est proche de l'écriture manuscrite afin de limiter le jeu de correspondance décrit par Santos (2002). Le chiffre 0 est accompagné d'un point central et moins arrondie que la lettre O, limitant ainsi les confusions. D'une manière générale, cette police sans empattement se veut la plus simple possible, la plus proche d'une écriture manuscrite pour limiter les confusions visuelles.

→ Exemple de la police Open Dyslexic :

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V
W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Rello et Baeza-Yates (2013) se sont attachés à suggérer de meilleures performances en lecture en relation avec le type de police utilisé. Ils ont fait varier le caractère de l'empattement (serif ou sans serif), le style (italique ou roman) ainsi que l'espacement (mono espacé ou proportionnellement espacé).

→ Exemple de police mono espacée vs proportionnellement espacée (Wikipedia):

The image shows two lines of text. The top line is the word 'Proportional' in a serif font, where each letter is contained within a colored rectangular box of uniform width. The bottom line is the word 'Monospace' in a serif font, where each letter is contained within a colored rectangular box of uniform height but varying width, illustrating the difference in spacing between the two font styles.

Les résultats de leur étude ont mis en avant une plus grande rapidité de lecture avec les polices sans serif, roman et mono espacées. La police Courier a par exemple engendré le temps de fixation du mot le plus court alors que la police Arial en italique a engendré le temps de lecture le plus long. Ils ont ainsi conclu à un effet de la police sur le temps de lecture et sur la durée de fixation. La police Open Dyslexic n'a pas montré de meilleurs ou moins bons résultats que les autres polices en terme de vitesse. Cependant, lors de l'expérience, les sujets devaient lire

silencieusement les mots proposés, aucun contrôle du nombre d'erreurs n'était donc possible. Or, cette police améliore la précision de lecture des enfants dyslexiques. En effet, Leeuw a montré en 2010 que cette police n'améliore pas la vitesse de lecture mais qu'elle réduit les erreurs spécifiques aux dyslexiques.

Ainsi, peu d'études se sont intéressées à l'effet de la police sur la lecture, et notamment celle des enfants dyslexiques. La plupart des recommandations se basent sur le bon sens, considérant la difficulté pour les enfants à retenir le jeu de correspondance entre les différents caractères. Cependant, certaines études ont montré un réel effet de la police sur la vitesse et la précision de lecture.

3. Buts

Comme nous l'avons vu précédemment, l'hypothèse la plus consensuelle est celle d'un trouble phonologique qui serait à l'origine de la dyslexie. Les aides visuelles restent controversées. L'objectif de notre mémoire est donc de valider ou non l'intérêt de ces aides d'un point de vue clinique. Nous testerons également leurs combinaisons afin de mettre en évidence l'aide la plus appropriée. Enfin, l'évaluation d'enfants normo-lecteurs permettra de montrer ou non une spécificité de ces aides visuelles pour les enfants dyslexiques. Si tel était le cas, la rééducation orthophonique de ces patients pourrait les prendre en compte afin de faciliter leur lecture et leur donner le goût de celle-ci.

4. Hypothèses

Au vu des études précédemment menées, nous émettons les hypothèses suivantes :

- Les enfants dyslexiques améliorent leur vitesse et leur précision de lecture avec des aides visuelles.
- La combinaison de plusieurs entraîne une meilleure vitesse et précision de lecture qu'avec une aide isolée.
- Les enfants normo-lecteurs n'améliorent pas leur vitesse et leur précision de lecture avec les aides visuelles.

Sujets, matériel et méthode

1. Population

Notre population se compose de deux groupes : un groupe de 45 patients dyslexiques et un groupe témoin de 50 enfants.

1.1. Critères d'inclusion

1.1.1. Les enfants dyslexiques

Pour les enfants dyslexiques, les critères d'inclusion sont les suivants :

- Scolarisation en primaire et au collège.
- Scolarisation à partir du CE2 pour que le diagnostic soit posé.
- Diagnostic pluridisciplinaire : orthophonique, médical et psychométrique.

Nous avons également demandé aux orthophonistes participant à notre expérimentation de préciser la prédominance éventuelle de la dyslexie.

	Phonologique	Lexicale	Mixte	Absence de réponse
Nombre de sujets	3	8	27	7

Tableau I : Répartition de la prédominance éventuelle de la dyslexie chez les sujets.

1.1.2. Les enfants normo-lecteurs

Les enfants normo-lecteurs sont scolarisés en CE2.

1.2. Critères d'exclusion

Les enfants dyslexiques porteurs de troubles associés ont été exclus de l'étude. Concernant les enfants normo-lecteurs, les critères d'exclusion sont les suivants :

- Suivi orthophonique en cours
- Présence de difficultés en lecture par rapport au reste de la classe (jugement de l'enseignant)

1.3. Critères de recherche des sujets

Les enfants dyslexiques ont été recrutés dans des cabinets d'orthophonistes de toute la France mais sont surtout originaires du Centre et du Nord.

Les normo-lecteurs ont été recrutés dans une école du Pas-de-Calais et trois écoles de la Drôme, dans les classes de CE2.

2. Matériel

Pour notre étude, nous avons décidé de faire lire un texte aux enfants. Nous l'avons adapté avec différentes mises en page. Le texte que nous avons utilisé est tiré du ROLL (Réseau des Observatoires Locaux de la Lecture). Il s'agit d'un centre de recherche créé en 2010 à l'Université Paris-Descartes. Il est présidé par le Professeur Bentolila. L'objectif du ROLL est la prévention de l'illettrisme en ciblant les mécanismes de décodage et la compréhension.

Le texte utilisé pour notre étude est proposé aux enseignants sur le site de l'Académie de Nantes pour une évaluation scolaire de mi-CE2. Nous avons choisi un texte comprenant 311 mots car d'après Walker et Reynolds (2003), il faut au moins 300 mots pour pouvoir interpréter les résultats.

Nous avons adapté le texte avec 5 mises en page différentes (Cf. Annexes n°3 à n°7, p A4 à A8) :

- **Texte de base** : Times New Roman – corps 14 – écartement simple
- **Taille augmentée** : Times New Roman – corps 18 – écartement simple
- **Espacement augmenté** : Times New Roman – corps 14 – écartement 2,5 pts
- **Taille et espacement augmentés** : Times New Roman – corps 18 – écartement 2,5 pts
- **Police spécifique aux patients dyslexiques** : Police Open Dyslexic – corps 12 – espacement simple. Elle est testée seule car déjà agrandie et avec un espacement inter-lettres augmenté.

Nous avons accompagné ce texte d'un protocole explicatif à destination des orthophonistes participant (Cf. Annexe n°1, p A2) ainsi que d'une feuille pour le report des résultats (Cf. Annexe n°2, p A3).

Au total, les différents groupes sont composés de 44 patients (41 en primaire et 3 au collège). Leur répartition au sein des 5 groupes se fait de la manière suivante :

- Texte de base : 9 patients
- Taille : 8 patients
- Espacement : 10 patients
- Taille + espacement : 8 patients
- Police : 9 patients

3. Méthode

3.1. Choix des aides facilitatrices

Nous voulions savoir si différentes manipulations formelles au niveau du graphème pouvaient avoir des conséquences sur la vitesse et la précision de lecture des enfants dyslexiques. Nous nous sommes de ce fait centrées sur les aides purement visuelles. Nous avons sélectionné pour notre étude des aides faciles à mettre en place pour que le patient et son entourage (enseignant, parents...) puissent se les approprier facilement. Nous nous plaçons ainsi dans une situation écologique pour le patient. En effet, si une aide est apportée par la mise en page, les enseignants pourraient imprimer des textes adaptés avec les aides visuelles pour les patients dyslexiques scolarisés dans leur classe. La rééducation orthophonique permettrait un entraînement de la lecture en tenant compte de ces paramètres afin d'optimiser au mieux les capacités de lecture du patient.

Nous avons retenu 3 aides : la police, la taille et l'espacement des lettres. Chacune d'entre elles ayant déjà été plus ou moins testée comme nous l'avons vu dans la partie théorique, nous voulions ici nous intéresser à leurs combinaisons, afin de savoir si celles-ci pouvaient améliorer davantage la lecture. Nous étudions donc les paramètres suivants :

- Texte de base
- Taille augmentée
- Espacement augmenté
- Police spécifique
- Taille + espacement
- Police + taille
- Police + espacement
- Taille + police+ espacement

Cependant, la police Open Dyslexic que nous avons choisie combine déjà les paramètres de taille et d'espacement. Nous avons dans un premier temps pensé à modifier ces paramètres afin de pouvoir les contrôler. Mais cela devait se faire en utilisant un logiciel particulier et, toujours dans un souci écologique, nous avons abandonné cette solution. Nous avons alors éliminé les 3 dernières combinaisons, seules les premières ont été retenues. Nous devons donc constituer 5 groupes de sujets et non plus 8.

3.2. Constitution des 5 groupes de l'expérimentation

Concernant la population, nous nous sommes fixées arbitrairement un total de 10 enfants par groupe, soit un total de 50 enfants dyslexiques et 50 enfants normo-lecteurs. Ce nombre nous semblait être le minimum pour pouvoir interpréter les résultats. D'autre part, cela nous paraissait réalisable sur le temps qui nous était imparti.

Nous avons d'abord pensé appairer les enfants dyslexiques et normo-lecteurs en niveau de lecture. Ce niveau devait être de mi-CE2 pour que le diagnostic de dyslexie ait été posé (compte tenu des 24 mois de décalage minimum entre l'âge lexique et l'âge chronologique). Cependant, comme l'âge de lecture des sujets dyslexiques est très variable d'un sujet à un autre, il aurait été difficile de trouver 50 sujets correspondant à ce niveau. Nous avons donc élargi notre recrutement à une population d'enfants dyslexiques scolarisés du CE2 à la cinquième, nous basant ainsi sur le niveau scolaire et non plus le niveau de lecture.

Les résultats des passations des enfants normo-lecteurs étaient prévus pour figurer dans le mémoire de recherche que nous voulions initialement produire. Par la suite, notre mémoire a pris une orientation davantage clinique. Nous avons tout de même trouvé pertinent d'y faire figurer les résultats des enfants normo-lecteurs. En effet, si les résultats montrent que les aides sont efficaces pour les dyslexiques mais également pour les normo-lecteurs, les enseignants pourraient adapter les textes qu'ils proposent en classe. Cela faciliterait la lecture des dyslexiques sans pour autant gêner les normo-lecteurs.

Les patients dyslexiques et les enfants normo-lecteurs ont été répartis de manière aléatoire dans chaque groupe, quel que soit leur âge, leur sexe, leur niveau de lecture et leur région. Cette distribution permet d'éviter qu'un niveau de lecture soit davantage représenté dans un groupe ou un autre.

Tous les patients ayant participé à notre expérimentation ont bénéficié du diagnostic pluridisciplinaire : diagnostic orthophonique et médical, et évaluation psychométrique.

3.3. Choix des conditions de présentation de la passation

Nous avons d'abord pensé présenter un texte par aide et faire lire tous les textes à chaque enfant. Se posait alors la question de la fatigabilité et de la méthodologie à mettre en place pour effacer ce biais. De plus, il nous apparaissait

difficile d'apparier les textes quant au niveau de lecture (nombre de syllabes, fréquence, longueur ...). Nous avons décidé de n'utiliser qu'un seul texte et de le découper en 5 paragraphes différents en appliquant une aide par paragraphe, de sorte que chaque enfant lise avec toutes les aides. Cependant, d'après Walker (2003), la longueur minimum requise est de 300 mots pour pouvoir faire une analyse statistique : en divisant le texte en cinq paragraphes, le nombre de mots lus pour chaque aide aurait été insuffisant. Se posait là aussi la question de la méthodologie pour faire varier l'ordre de présentation des aides.

Nous avons finalement décidé d'appliquer une seule aide par texte et de faire lire chaque support par 10 sujets.

3.4. Déroulement de la passation

En ce qui concerne les patients dyslexiques, nous avons fait passer 12 passations. Les autres ont été réalisées par des orthophonistes de notre entourage ou ceux qui ont répondu à notre annonce. Ils nous ont ensuite envoyé les protocoles complétés pour que nous puissions retranscrire les temps de lecture et calculer le nombre d'erreurs en fonction des différents paramètres. Nous avons pu ensuite interpréter les résultats.

Concernant les enfants normo-lecteurs, nous nous sommes rendues dans 3 écoles afin de réaliser les passations de manière individualisée.

L'expérimentateur propose à l'enfant de lire un texte et lui indique qu'il sera chronométré. Pour les textes paramétrés avec une aide ou combinaison d'aides, l'adulte attire l'attention de l'enfant sur le fait que la mise en page diffère de celle appliquée aux textes dont il a l'habitude.

L'expérimentateur commence à chronométrer à partir du premier mot du premier paragraphe. Il transcrit les erreurs de l'enfant sur la feuille prévue à cet effet et renseigne les questions prévues par le protocole (Cf. Annexe n°1, p A2).

3.5. Analyse statistique

Nous avons d'abord demandé à bénéficier de l'aide à l'analyse statistique des résultats, proposée par le CHU de Lille. Mais celle-ci nous permettait uniquement de porter notre étude sur l'effet des trois aides de manière isolée. Or, notre étude s'intéresse également à l'effet de leurs combinaisons, ce qui relevait d'un travail statistique difficile à réaliser en une année. Nous avons préféré élargir notre champ d'intervention en augmentant le nombre de combinaisons testées, plutôt que de

privilégier l'analyse statistique universitaire en ne testant que les aides isolément sans évaluer leurs interactions. Nous avons donc privilégié une démarche moins rigoureuse au niveau statistique mais davantage à visée clinique.

3.6. Calendrier

Mai 2015	Choix de la constitution de 8 groupes (Cf. sous-partie « choix des aides facilitatrices »)
Juin 2015	Choix du texte (Cf. sous-partie « matériel »)
Septembre 2015	<ul style="list-style-type: none"> • Changement méthodologique : constitution de 5 groupes • Abandon de l'analyse statistique du CHU
Octobre 2015	<ul style="list-style-type: none"> • Demande d'intervention dans les classes de CE2 • Annonces de recrutement des patients dyslexiques • Mise en page du texte et impression
Mi-Novembre / Début Février	<ul style="list-style-type: none"> • Envoi des protocoles aux orthophonistes • Passations avec des patients dyslexiques répondant à nos critères d'inclusion et d'exclusion rencontrés sur nos lieux de stage • Passations dans les écoles mi janvier par nous-mêmes
Mars 2016	<ul style="list-style-type: none"> • Ouverture de notre expérimentation aux collégiens • Interprétation et analyse des résultats

Tableau II : Calendrier des étapes de notre partie expérimentale, hors travail de rédaction.

Nous avons imprimé le texte « taille + espacement » au format A3 pour ne pas biaiser le temps de lecture relevé. En effet, même avec les marges d'impression réduites au minimum, ce texte tenait sur deux feuilles. Nous craignons que le fait d'assembler deux feuilles format A4 ne perturbe la leximétrie de l'enfant testé.

De nombreux mails ont été échangés avec les orthophonistes intéressé(e)s qui nous ont contactées. Nous avons répondu à leurs interrogations et leur avons apporté des précisions sur le déroulement de la passation, en particulier le temps à prévoir et les modalités. Il nous était également nécessaire de connaître le nombre de patients à qui l'orthophoniste allait proposer notre passation. Nous devons en effet contrôler le nombre de sujets par groupe afin de les répartir dans chaque groupe.

Les protocoles au format A3 et les protocoles bénéficiant de la police OpenDyslexic (qui nécessite un téléchargement), ont été envoyés par voie postale. Le fait que les orthophonistes puissent faire passer eux-mêmes le protocole et qu'il nécessite peu de matériel nous a permis de bénéficier de la participation de professionnels de différentes régions.

Résultats

1. Analyse objective

Les résultats individuels sont présentés en annexe (Cf. Annexes n°8 et n°9, p A 9 à A 12).

1.1. Leximétrie

1.1.1. Les enfants dyslexiques

Les vitesses de lecture moyennes des enfants dyslexiques, selon les paramètres de mise en page sont les suivantes :

- Texte de base : 344 secondes (soit 5 minutes et 44 secondes)
- Taille : 253 secondes (soit 4 minutes et 13 secondes)
- Espacement : 336 secondes (soit 5 minutes et 36 secondes)
- Taille + espacement : 317 secondes (soit 5 minutes et 17 secondes)
- Police : 336 secondes (soit 5 minutes et 36 secondes)

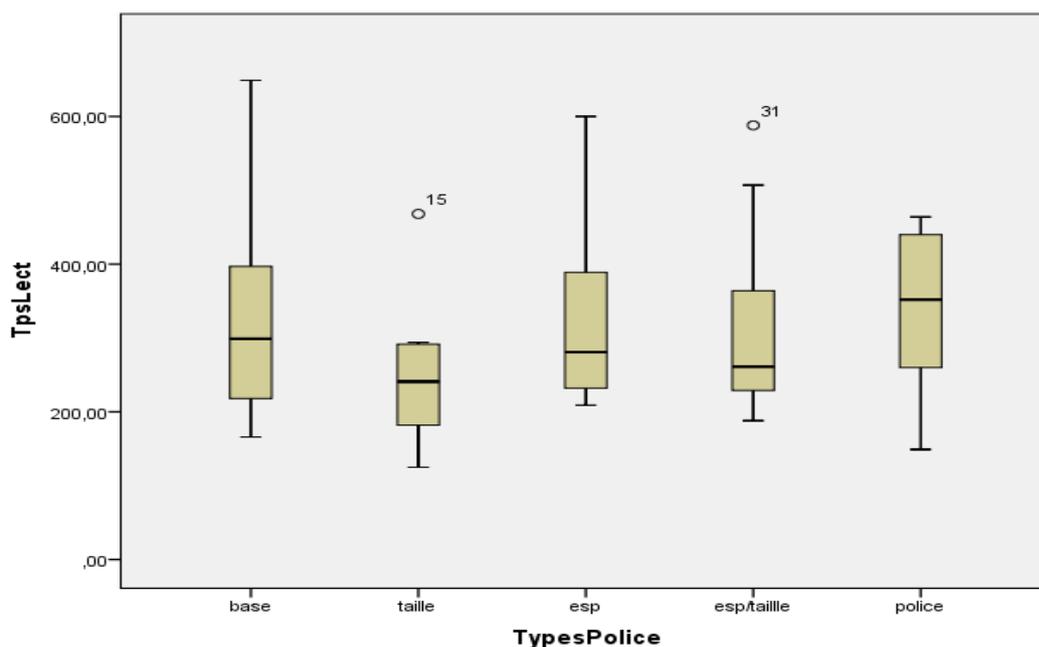


Figure 2 : Vitesse de lecture des enfants dyslexiques (en secondes)

Ainsi, on obtient les gains suivants en terme de vitesse de lecture, avec pour référence les résultats obtenus à la lecture du texte de base :

- Taille : gain de 26,45%
- Espacement : gain de 2,33%
- Taille + espacement : gain de 7,85%
- Police : gain de 2,33%

1.1.2. Les enfants normo-lecteurs

Les vitesses de lecture moyennes des enfants normo-lecteurs, selon les paramètres de mise en page sont les suivantes :

- Texte de base : 191 secondes (soit 3 minutes et 11 secondes)
- Taille : 243 secondes (soit 4 minutes et 3 secondes)
- Espacement : 264 secondes (soit 4 minutes et 24 secondes)
- Taille + espacement : 262 secondes (soit 4 minutes et 22 secondes)
- Police : 247 secondes (soit 4 minutes et 7 secondes)

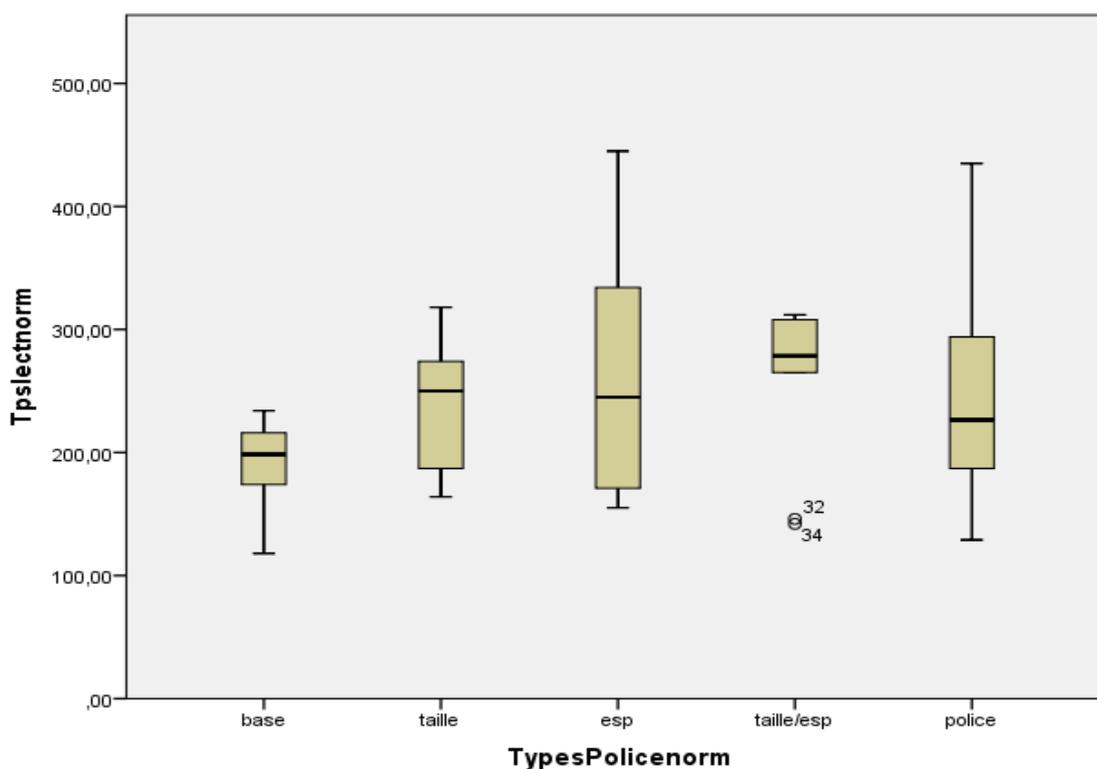


Figure 3 : Vitesse de lecture des enfants normo-lecteurs (en secondes)

Ainsi, on obtient les résultats suivants en terme de vitesse de lecture, avec pour référence les résultats obtenus à la lecture du texte de base :

- Taille : perte de 27,23%
- Espacement : perte de 38,22%
- Taille + espacement : perte de 37,17%
- Police : perte de 29,32%

1.2. Précision de lecture

1.2.1. Les enfants dyslexiques

Les nombres d'erreurs moyens des enfants dyslexiques, selon les paramètres de mise en page sont les suivants :

- Texte de base : 26,4 erreurs
- Taille : 14,8 erreurs
- Espacement : 21 erreurs
- Taille + espacement : 23,2 erreurs
- Police : 23,8 erreurs

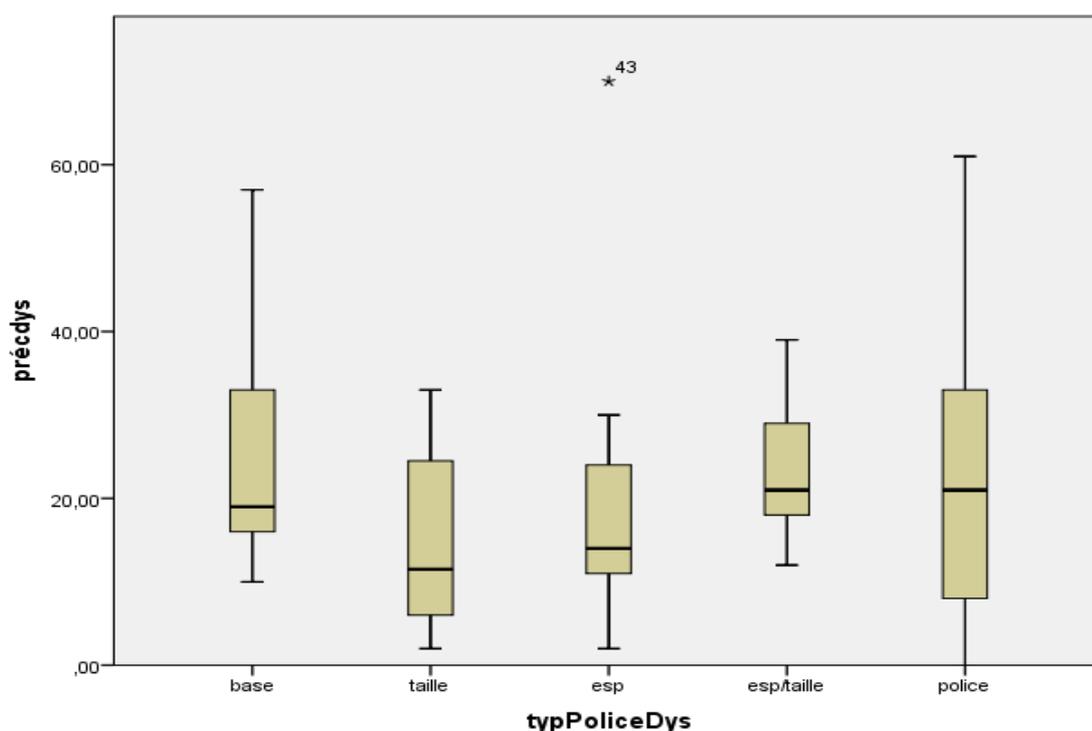


Figure 4 : Précision de lecture des enfants dyslexiques (en nombre d'erreurs)

Ainsi, on obtient les gains suivants en terme de précision de lecture avec pour référence les résultats obtenus à la lecture du texte de base :

- Taille : gain de 43,94%
- Espacement : gain de 20,45%
- Taille + espacement : gain de 12,12%
- Police : gain de 9,85%

1.2.2. Les enfants normo-lecteurs

Les nombres d'erreurs moyens des enfants normo-lecteurs, selon les paramètres de mise en page sont les suivants :

- Texte de base : 8,6 erreurs
- Taille : 12,1 erreurs
- Espacement : 11 erreurs
- Taille + espacement : 15,9 erreurs
- Police : 11,6 erreurs

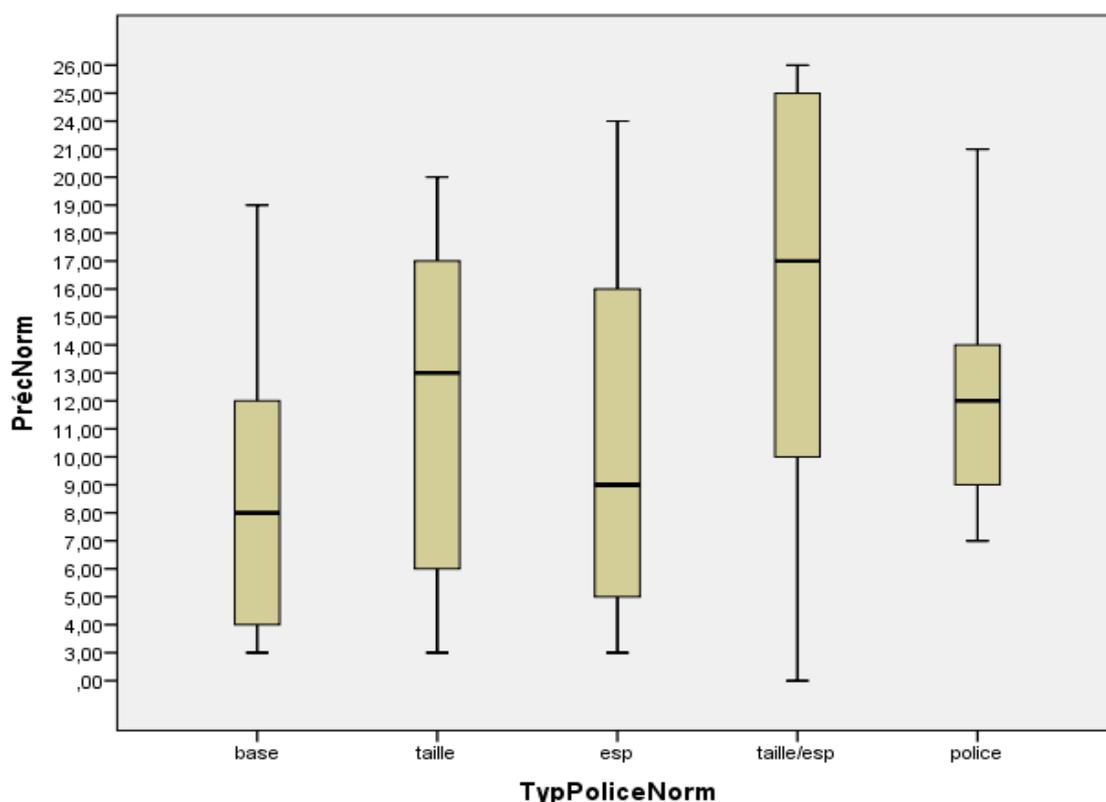


Figure 5 : Précision de lecture des enfants normo-lecteurs (en nombre d'erreurs)

Ainsi, on obtient les résultats suivants en terme de précision de lecture avec pour référence les résultats obtenus à la lecture du texte de base :

- Taille : perte de 40,70%
- Espacement : perte de 27,91%
- Taille + espacement : perte de 84,88%
- Police : perte de 34,88%

2. Analyse subjective

2.1. Les enfants dyslexiques

Un questionnaire s'adressait au patient et à son orthophoniste en fin de lecture pour recueillir leur ressenti sur l'aisance de lecture. Voici les résultats :

	Amélioration de la lecture	Pas d'amélioration de la lecture	Ne sait pas
Texte de base	3	5	1
Taille	4	4	
Espacement	5	4	1
Taille + espacement	6	3	
Police	5	4	

Tableau III : Ressenti des enfants dyslexiques concernant l'apport de l'aide sur leur lecture

	Amélioration de la lecture	Pas d'amélioration de la lecture	Ne sait pas
Texte de base	1	7	1
Taille	4	4	
Espacement	2	8	
Taille + espacement	1	6	1
Police	1	8	

Tableau IV : Ressenti de l'orthophoniste concernant l'apport de l'aide sur la lecture du patient

Les réponses fournies par les enfants et leur orthophoniste ne sont pas toujours semblables. Ils se sentent parfois aidés par une aide alors que leur orthophoniste ne voit pas de différence ou inversement.

2.2. Les enfants normo-lecteurs

Certains enfants se sont sentis aidés par la mise en page, d'autres au contraire ont été gênés, et d'autres encore n'ont pas vu de différence.

Globalement, il en ressort que pour la taille, aucun d'eux n'a ressenti de gêne, ce qui va dans le sens des études citées en première partie, relatives à la taille des lettres et à l'aisance de lecture chez les enfants. Les autres aides montrent des impressions plus mitigées de la part des enfants.

Discussion

1. Rappel des principaux résultats

1.1. Pour les enfants normo-lecteurs

Pour les enfants normo-lecteurs, les meilleurs résultats en vitesse de lecture et en précision sont obtenus pour la lecture du texte de base. Pour les autres paramètres, on obtient les résultats suivants :

	Perte en vitesse de lecture	Perte en précision
Taille	27,23%	40,70%
Espacement	38,22%	27,91%
Taille + espacement	37,17%	84,88%
Police	29,32%	34,88%

Tableau V : Tableau récapitulatif des résultats pour les enfants normo-lecteurs

1.2. Pour les enfants dyslexiques

	Gain en vitesse de lecture	Gain en précision
Taille	26,45%	43,94%
Espacement	2,33%	20,45%
Taille + espacement	7,85%	12,12%
Police	2,33%	9,85%

Tableau VI : Tableau récapitulatif des résultats pour les patients dyslexiques

Les enfants dyslexiques bénéficient donc des aides visuelles mises en place, en vitesse de lecture et en précision. Le paramètre le plus bénéfique pour eux est l'augmentation de la taille des caractères. Il améliore leur vitesse de lecture de 26,45% et leur précision de 43,94% par rapport au texte de base.

2. Analyse des résultats

2.1. Résultats des enfants normo-lecteurs

Les résultats des enfants normo-lecteurs ont été les meilleurs, que ce soit en terme de leximétrie et de précision de lecture, avec la modalité « texte de base ». Nous pouvons peut-être expliquer cela par le fait que ces élèves sont moins habitués à d'autres modes de présentation de textes. En effet, dans les manuels scolaires, la majorité des textes sont présentés au format A4, en police Times New Roman, sans espacement ni taille augmentés. En milieu scolaire, les élèves sont rarement exposés aux aides visuelles facilitatrices : celles-ci les auraient donc davantage gênés, contrairement au mode de présentation habituel. En effet, ces enfants ont

automatisé les processus inhérents à la lecture sans aide visuelle, et les aides perturbent le fonctionnement de ces processus. Cela entraîne alors un ralentissement de la vitesse de lecture et une augmentation du nombre d'erreurs.

Plus précisément, la modalité la moins facilitatrice en ce qui concerne la vitesse de lecture des enfants normo-lecteurs est l'espacement augmenté. Ce résultat rejoint l'étude de Zorzi et al (2012), qui suggère que cette aide facilitatrice est spécifique aux sujets dyslexiques car elle ne met pas en évidence d'amélioration significative de la vitesse et précision de lecture chez les sujets du groupe témoin.

Le paramètre pour lequel les élèves ont fait le plus d'erreurs est le paramètre « taille + espacement augmentés ». Nous avons émis une critique au sujet de ce format. Celui-ci a gêné certains enfants car cette présentation n'est pas écologique. Un enfant en particulier devait suivre avec son doigt et déplacer la feuille de lecture sous ses yeux. On peut penser que la taille du format A3 avec l'espacement agrandi donne l'impression d'un « trop plein » d'informations, et que la feuille A3 est trop grande pour le lecteur, ce qui peut l'inciter à prendre du recul par rapport à la feuille. Dans ce cas, ce n'est pas la taille de la police qui est en cause, mais la taille du format. Par ailleurs, Martinet (2010), préconise une présentation aérée, ce qui semble aller dans ce sens.

Pour le groupe des normo-lecteurs, nous ne connaissons pas les enfants et leur enseignant n'était pas présent lors de la passation. Il nous est donc difficile de savoir si le jugement de l'enfant concernant son aisance de lecture est partagé. De plus, nous nous demandons si le fait de questionner l'enfant sur ce sujet n'influence pas son choix.

2.2. Résultats des enfants dyslexiques

Le texte de base est le texte que les patients dyslexiques lisent le moins vite et pour lequel ils font le plus d'erreurs de lecture, alors qu'à l'inverse, cette modalité était la plus facilitatrice pour les enfants normo-lecteurs, que ce soit pour la leximétrie ou la précision de lecture. Nous pouvons donc tout d'abord noter que, contrairement aux enfants normo-lecteurs, les enfants dyslexiques seraient sensibles à la mise en place d'aides visuelles.

Le texte paramétré avec la taille des lettres agrandie est le texte le plus facilitateur pour les patients dyslexiques, que ce soit pour la leximétrie ou pour la précision de lecture. Il s'agit du paramètre pour lequel la vitesse moyenne de lecture

et le nombre d'erreurs moyen s'approchent le plus des résultats obtenus chez les enfants normo-lecteurs, lors de la lecture du texte de base. Nous ne nous attendions pas à ce résultat car l'augmentation de la taille semble faire intervenir des processus périphériques liés à la vision, alors que l'activité de lecture dans le cas de la dyslexie met, elle, en jeu des processus centraux. Néanmoins, il va pleinement dans le sens de l'étude d' O'Brien et al de 2005 qui met en évidence que les dyslexiques atteignent leur vitesse maximale de lecture avec une taille de lettres augmentée (en moyenne 0,302 logMAR d'hauteur d'X, pour une moyenne de 0,177 chez les normo-lecteurs).

Concernant l'analyse subjective, il est difficile de dégager de celle-ci un ressenti d'aisance. Toutefois, on peut voir une tendance corrélée aux résultats objectifs : selon les orthophonistes, le texte paramétré avec la taille agrandie semble faciliter la lecture des patients dyslexiques.

Chez les patients dyslexiques, le paramètre « taille + espacement agrandis » apporte également un gain en vitesse et précision de lecture, il paraît donc intéressant de s'y arrêter. D'une part, notre expérimentation met en avant une efficacité de l'agrandissement de la taille des lettres sur la vitesse et la précision de lecture des enfants dyslexiques. D'autre part, une étude menée par le CNRS (Zorzi et al, 2012) avait déjà mis en évidence que l'augmentation de l'espacement entre les lettres améliorerait la vitesse et la précision de lecture chez les dyslexiques. En effet, l'augmentation de l'espacement inter-lettres pourrait, selon les auteurs, contribuer à réduire l'effet du crowding chez les patients dyslexiques, comme vu précédemment. Nous pouvons nous demander si l'association de l'agrandissement de la taille avec l'augmentation inter-lettres ne réduit pas encore davantage l'effet de crowding.

En revanche, le paramètre « taille + espacement agrandis » est un de ceux qui apporte le moins de gain pour les enfants normo-lecteurs. Cela va dans le sens de Zorzi et al (2012), qui mettaient en évidence la spécificité de l'aide « espacement augmenté » pour les enfants dyslexiques, contrairement aux enfants normo-lecteurs. En outre, selon plusieurs auteurs, les patients dyslexiques sont plus affectés par les effets du crowding que les enfants normo-lecteurs (O'Brien et al, 2005).

L'espacement a également un effet sur la vitesse et la précision de lecture, moindre que celui de la taille. L'étude de Zorzi et al de 2012 avait, on l'a vu, déjà mis

en avant l'idée que l'augmentation de l'espacement inter-lettres améliorerait la vitesse et la précision de lecture des enfants dyslexiques. Dans ce cas, la combinaison d'aides « taille + espacement agrandis » semble plus facilitatrice que le paramètre « espacement augmenté » seul. Le paramètre « espacement augmenté » est cependant celui qui aide le moins les enfants normo-lecteurs. On peut, là encore, noter le lien avec l'étude de Zorzi et al (2012), qui mettait en avant la spécificité de cette aide pour les sujets dyslexiques.

Au regard de notre expérimentation, nous avons pu mettre en évidence que l'aide la moins bénéfique pour les patients semble être le paramètre de la police Open Dyslexic, ce qui rejoint l'étude de Rello et Baeza-Yates (2013) qui soulignait que cette police n'apportait pas de meilleurs ou de moins bons résultats en terme de leximétrie chez les enfants dyslexiques. Pour expliquer ce résultat, nous pouvons peut-être avancer l'idée que ce paramètre est celui auquel les patients dyslexiques sont le moins habitués, et que le fait que cette police leur soit inconnue ait pu quelque peu les déstabiliser.

En revanche, cette police réduirait le nombre d'erreurs « spécifiques aux dyslexiques » (Leeuw, 2010). Elle a en effet été étudiée pour pallier les confusions visuelles de ces patients, par exemple, les lettres p, q, b et d ne sont pas symétriques, et le jambage ascendant du b est légèrement incliné vers la gauche alors que celui du d est légèrement incliné vers la droite. On peut donc émettre l'hypothèse que cette aide serait plus spécifique aux dyslexies visuelles, et également aux dyslexies à prédominance phonologique car selon Sprenger-Charolles et al en 1997, les confusions dites visuelles pourraient être expliquées par une atteinte phonologique.

On pourrait alors se demander si cette police qui a pour but de mieux différencier les graphèmes correspondant aux phonèmes fréquemment confondus, ne pourrait pas aider les dyslexiques à prédominance phonologique. Or, la majorité des patients qui ont participé à notre étude présentent une dyslexie mixte. Seuls trois présentent une dyslexie à prédominance phonologique. Si cette hypothèse était confirmée, ce qui pourrait faire l'objet d'autres études, ce résultat pourrait être expliqué par la répartition non équilibrée des « types » de dyslexies.

Ces résultats restent à relativiser au vu du nombre peu élevé de sujets dans nos groupes d'études et des biais méthodologiques que nous allons préciser dans la partie « critiques méthodologiques ».

3. Validation des hypothèses

Pour rappel, nous avons formulé les hypothèses suivantes :

- Les enfants dyslexiques améliorent leur vitesse et leur précision de lecture avec des aides visuelles.
- La combinaison de plusieurs aides entraîne une meilleure vitesse et précision de lecture qu'avec une aide isolée.
- Les enfants normo-lecteurs n'améliorent pas leur vitesse et leur précision de lecture avec les aides visuelles.

La première hypothèse est *validée*. Les enfants dyslexiques ont obtenu les moins bons résultats avec le texte de base alors que chacune des aides visuelles proposée leur a été bénéfique. L'augmentation de la taille des caractères a été le paramètre le plus facilitateur. Les autres aides visuelles ont eu des effets moindres sur la vitesse et la précision de lecture des enfants dyslexiques.

La deuxième hypothèse *n'est pas validée*. En effet, les deux paramètres de combinaison d'aides (taille + espacement et police) ont été ceux pour lesquels les enfants dyslexiques ont obtenu les moins bons résultats, en terme de précision de lecture. Pour la vitesse, la police est l'aide la moins facilitatrice.

Concernant la dernière hypothèse, relative à la spécificité des aides proposées, nous pouvons la *valider*. Les enfants normo-lecteurs ont été plus performants avec le texte de base, que ce soit au niveau de la vitesse ou du nombre d'erreurs moyen.

4. Critiques méthodologiques

4.1. Le texte

Nous avons pris le parti de choisir un texte relativement difficile d'accès à la compréhension, car le fond traite d'un sujet éloigné du quotidien connu de l'enfant : la chasse aux kangourous. Nous souhaitons ainsi réduire les chances de l'enfant de suppléer pour que nous puissions nous concentrer sur l'analyse du décodage.

Après avoir débuté nos passations, nous nous sommes aperçues que le niveau de notre texte (niveau destiné à un normo-lecteur de mi-CE2) était trop élevé pour des enfants dyslexiques de primaire. Nous avons d'abord souhaité apparier en âge de lecture le groupe des patients dyslexiques avec le groupe témoin. Comme il était difficile pour nous de trouver 50 patients dyslexiques d'un âge de lecture CE2, nous avons décidé d'élargir notre étude aux dyslexiques de primaire, du CE2 au collège. Or, pour cette population, le texte mettait parfois en difficulté le patient, du fait des 24 mois de retard (minimum) en lecture pour un enfant dyslexique. Par exemple, un enfant dyslexique scolarisé en CE2 avec un retard de 24 mois aurait un âge de lecture de CP. Le texte serait alors trop compliqué pour lui. Cela a été le cas, notamment pour 5 protocoles qui ont dû être arrêtés en cours de passation, ou n'ont pas été proposés au vu du décalage entre le niveau requis pour la lecture du texte et le niveau de lecture du patient. Nous nous sommes donc posé la question de l'intérêt qu'aurait pu avoir notre étude à élargir nos critères d'inclusion aux patients de collège, ce que nous avons fait tardivement.

4.2. Méthodologie

Notre méthodologie a évolué au cours de notre travail. Nous avons modifié le nombre d'aides testées, la méthodologie, la population cible ainsi que le but final de notre mémoire. Nous tenions dans un premier temps à effectuer un mémoire de recherche mais au cours de notre réflexion, nous avons décidé de nous orienter davantage vers la clinique afin de trouver des solutions efficaces pour faciliter la lecture de nos patients dyslexiques. En effet, pour améliorer la qualité de la lecture il est important de s'entraîner et pour cela, il faut que l'enfant ait envie de lire. Nous avons donc cherché à trouver des solutions pour pallier les difficultés de ces enfants et ainsi leur donner le goût de la lecture.

4.2.1. Intérêt d'un pré/post test

Nous avons pu nous poser la question de l'intérêt qu'aurait eu notre étude à proposer un pré-test. Dans un premier temps, nous aurions présenté le texte de base (sans aucune aide) aux participants, puis nous leur aurions proposé le même texte paramétré avec une de nos 4 aides ou combinaisons étudiées. Néanmoins cette méthodologie n'était pas applicable, car elle aurait entraîné un effet d'apprentissage. Pour éviter cela, nous aurions dû proposer le pré-test au moins six mois avant la passation, ce qui suppose qu'en Avril 2015 les 50 patients dyslexiques auraient dû

être rassemblés et auraient dû avoir bénéficié du pré-test. Nous n'aurions pas pu respecter ces délais. De plus, en Avril 2015, les élèves normo-lecteurs scolarisés en classe de CE2, n'auraient pas été les mêmes que ceux que nous avons testés en 2016, les deux tests ne se proposant pas au cours de la même année scolaire.

Pour pallier l'effet d'apprentissage nous aurions également pu proposer, de façon rapprochée cette fois, deux textes différents : un sans aide et un paramétré avec une aide ou une combinaison d'aides étudiées. Cependant, il aurait fallu apparier les deux textes en nombre de mots et en difficulté. Nous aurions donc créé un deuxième texte, ce qui n'aurait pas garanti une répartition des difficultés de façon équitable entre les deux textes.

4.2.2. Constitution des groupes

Nous avons donc choisi de comparer les moyennes des résultats des enfants qui ont lu le texte de base avec les moyennes des résultats des enfants qui ont bénéficié d'aides ou de combinaison d'aides. Les 10 patients qui ont lu le texte de base (sans aide) est notre groupe de référence. Nous nous situons, là encore, dans une démarche clinique. La distribution des participants dans chaque groupe a été réalisée de manière aléatoire, nous avons ainsi voulu réduire les biais liés à l'âge des participants, à leur niveau de lecture et à leur région.

4.3. Sujets

Certaines variables auraient été intéressantes à étudier comme la répartition du sexe au sein de chaque groupe ou encore le niveau socio-culturel des sujets. Nous n'avons pas eu accès à ces dernières informations. Nous n'avons pas pu contrôler la répartition du sexe au sein des groupes car tous les sujets dyslexiques n'ont pas été recrutés en même temps. Pour ce qui est des enfants normo-lecteurs, nous nous sommes rendues dans les écoles sans connaître le nombre exact d'enfants qui pourraient participer puisque nous avons récupéré les autorisations parentales le jour de notre intervention. Il nous a pourtant semblé intéressant de présenter la répartition du sexe au sein de chaque groupe.

	Filles	Garçons
Texte de base	1	8
Taille	4	4
Espacement	2	8
Taille + espacement	4	5
Police	3	6
Total	14	31

Tableau VII : Répartition du sexe au sein des groupes d'enfants dyslexiques

On retrouve un sex ratio environ égal à 1 fille pour 2 garçons. La répartition au sein des groupes n'est pas équilibrée, excepté pour les groupes « taille » et « taille + espacement ».

	Filles	Garçons
Texte de base	5	5
Taille	6	4
Espacement	4	6
Taille + espacement	2	8
Police	5	5
Total	22	28

Tableau VIII : Répartition du sexe au sein des groupes d'enfants normo-lecteurs

On peut donc noter que les groupes « texte de base » et « police » sont équilibrés. En revanche, le groupe « taille + espacement » comprend beaucoup plus de garçons que de filles. Or, il s'agit du groupe qui a fait le plus d'erreurs. On peut alors se demander si les résultats obtenus sont inhérents à la mise en page ou à la présence massive de garçons. Nous nous sommes posées cette question car d'après de récentes études, « les problèmes de lecture sont 1,5 à 3 fois plus fréquents chez les garçons que chez les filles » (Rapport d'expertise collective INSERM, 2007, p 186).

De la même façon, nous n'avons pas contrôlé la proportion de chaque niveau scolaire dans chaque groupe. La distribution aléatoire des patients dans chaque groupe réduit ce biais.

4.4. Analyse des résultats

En ce qui concerne l'analyse des résultats, nous souhaitons au départ reprendre la grille d'interprétation des erreurs de l'Alouette. Les erreurs de lecture de l'enfant auraient été classées comme tel : erreur de conversion grapho-phonémique, barbarisme, paralexie visuelle, paralexie sémantique.

Cependant, l'analyse des erreurs du patient peut être sujette à différentes interprétations qui peuvent chacune se justifier, d'autant plus que nous n'avons pas accès au dossier du patient testé dans la plupart des cas. Par exemple, si l'enfant testé substitue un phonème à un autre, il est difficile de savoir si l'enfant produit une paralexie visuelle ou une paralexie sémantique. L'erreur peut être due à la confusion de deux graphèmes proches (paralexie visuelle) ou alors au fait que l'enfant ait enregistré l'orthographe erronée du mot dans son lexique interne, ou a une lecture trop rapide : l'erreur ne sera pas située au niveau du graphème isolé mais au niveau du mot dans sa globalité (paralexie sémantique). Prenons l'exemple de l'article indéfini « des » lu à la place de l'article défini « les » : il est difficile de faire la part de la paralexie visuelle due à la confusion visuelle entre les graphèmes /d/ et // et de la paralexie sémantique entre les deux articles.

Nous avons donc choisi de ne recenser que le nombre total d'erreurs de lecture des patients, la classification d'erreurs n'apportant en outre rien de pertinent à notre réflexion pour cette étude.

Concernant le ressenti des enfants et des orthophonistes, il s'agit d'une évaluation subjective. Pour évaluer objectivement ce ressenti, il aurait fallu proposer à chaque enfant le texte de base et le texte avec une aide. Cependant, comme nous l'avons exposé précédemment, cela était impossible compte-tenu des délais à respecter pour éviter l'effet re-test. D'autre part, nous nous demandons si le questionnaire n'induit pas une réponse positive de l'enfant. En effet, sachant que nous voulions évaluer des « aides », on peut se demander si les enfants ne se sentent pas dans tous les cas « aidés ».

5. Difficultés rencontrées

5.1. Aides

Nous avons d'abord pensé évaluer également l'influence de l'inclinaison du plan sur la vitesse et la précision de lecture des enfants dyslexiques. Cependant, cette étude ne s'inscrivait pas dans notre démarche clinique : en effet, la mise en place de cet outil est relativement complexe. Il aurait été nécessaire de construire un plan incliné, ce qui n'est pas une situation écologique pour le patient et son entourage. De plus, aucune source théorique ne nous a paru satisfaisante du point de vue scientifique pour définir le degré de l'angle d'inclinaison du plan à adopter.

En ce qui concerne la police, nous avons contacté le créateur de la police payante Dyslexie© pour lui demander l'autorisation de l'utiliser dans notre étude. Dans un souci d'écologie et en l'absence de réponse, nous avons finalement choisi d'utiliser la police Open Dyslexic qui est gratuite, libre de droits et facilement téléchargeable par le patient et son entourage (famille, enseignants ...).

5.2. Population

Comme vu précédemment, les critères d'inclusion de notre étude étaient les suivants : scolarisation du CE2 au collège et pluridisciplinarité (diagnostic orthophonique et médical, étayés par un test psychométrique) du diagnostic de dyslexie.

Il nous a été difficile de rassembler des patients dont le diagnostic de dyslexie était pluridisciplinaire et pour lesquels un test psychométrique avait été proposé. Dans la majorité des cas, les patients suivis par des orthophonistes qui souhaitaient participer à notre étude, avaient bénéficié d'un diagnostic orthophonique et médical mais pas d'un test psychométrique. Certains patients avaient été diagnostiqués par l'orthophoniste uniquement, ou étaient en attente d'un rendez-vous en centre référent. Nous ne pouvions donc pas inclure ces patients à notre expérimentation.

Même si nous n'avons pu réunir 10 patients dyslexiques par groupe comme nous l'avions prévu, nous avons choisi de ne pas élargir nos critères d'inclusion afin que tous les patients participant à notre étude aient bénéficié d'un diagnostic médical.

6. Généralisation et intégration dans le champ de l'orthophonie

On l'a vu, le texte de base est le texte le moins facilitateur pour les enfants dyslexiques, que ce soit pour la leximétrie ou pour la précision de lecture. A l'inverse, cette modalité est la plus facilitatrice pour les enfants normo-lecteurs. Ainsi, les enfants dyslexiques seraient sensibles à la mise en place d'aides visuelles, et plus précisément à l'augmentation de la taille des lettres. Ces aides visuelles semblent donc être particulièrement adaptées aux enfants dyslexiques.

Dans le champ de l'orthophonie, elles pourraient être intégrées dans la rééducation orthophonique en adaptant les textes et les supports écrits proposés aux patients. En ce qui concerne le champ pédagogique, l'enseignant de l'enfant pourrait

proposer des fiches de travail avec une police adaptée, en particulier les fiches d'évaluations. En outre, ces adaptations peuvent être facilement mises en place.

Il serait alors intéressant de mener notre étude à plus grande échelle pour obtenir des résultats étalonnés afin de valider l'apport d'une aide facilitatrice que nous proposerions au patient.

Conclusion

L'objectif de ce mémoire était d'évaluer l'impact de la taille, de l'espacement des lettres, et de la police ainsi que leurs combinaisons sur la vitesse et la précision de lecture des enfants dyslexiques et normo-lecteurs, dans le but de proposer des textes adaptés aux patients dyslexiques afin de faciliter leur lecture et ainsi les aider à reprendre plaisir à lire.

Les résultats obtenus montrent que les enfants normo-lecteurs ne bénéficient pas des aides visuelles proposées et présentent de meilleurs résultats en terme de vitesse et de précision de lecture avec la police habituelle. Concernant les enfants dyslexiques, le paramètre le plus facilitateur est celui de l'augmentation de la taille des lettres. L'étude de la combinaison des aides n'a pas mis en évidence d'effets bénéfiques pour les patients dyslexiques. Il reste néanmoins évident que si les aides visuelles sont un apport pour les dyslexiques, ceux-ci ne peuvent s'en contenter. Un entraînement spécifique et orthophonique leur reste bien entendu nécessaire.

Cependant, nos résultats sont à nuancer car trop peu de patients ont participé à l'étude. Il aurait également fallu contrôler plusieurs paramètres afin de pouvoir faire ressortir une analyse statistique des résultats. Une répartition équilibrée du niveau de lecture des patients dyslexiques, de leur sexe ou de la prédominance de leur dyslexie aurait été préférable. Pour les raisons que nous avons exposées, cela n'a pas été possible dans le cadre de ce travail.

Il pourrait être intéressant de mener d'autres études pour voir si certaines aides seraient spécifiquement facilitatrices pour certains types d'erreurs. Par exemple, la police Open Dyslexic, étudiée pour pallier les confusions visuelles des enfants dyslexiques réduirait-elle de façon significative le nombre de paralexies visuelles pour ces patients ?

Les aides visuelles sont donc facilitatrices pour les enfants dyslexiques et peuvent être utilisées pour réduire leurs difficultés. Ces aides ne sont pas bénéfiques aux enfants normo-lecteurs. En classe, il faudrait donc préparer une mise en page particulière pour les enfants dyslexiques et garder les paramètres habituels de mise en page pour les autres élèves.

L'orthophoniste pourrait proposer des textes adaptés en séance afin de (re)donner le goût de la lecture aux enfants dyslexiques. Le cercle vertueux voudrait que la lecture étant plus fluide, l'enfant y prendrait plus de plaisir. Il lirait donc plus et améliorerait ainsi sa vitesse et sa précision de lecture.

Bibliographie

- ADAMS MJ (1979). Models of word recognition. *Cognitive Psychology*, 11(2) :133–176.
- AGHABABIAN V, NAZIR T (2000). Developing normal reading skills : Aspects of visual processes underlying word recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76 : 123-150.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (2004). *DSM-IV-TR. Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Issy-les-Moulineaux, Masson.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (2013). *DSM V. Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Issy-les-Moulineaux, Masson.
- BARRY C, SEYMOUR PHK (1988). Lexical priming and sound-to-spelling contingency effects in non-word spelling. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A : 5-40.
- BERNARD M, LIAO CH, MILLS M (2001). The effects of font type and size on the legibility and reading time of online text by older adults. In : *Vol. II Proceedings of ACM CHI*. ACM Press, 175-176.
- BODER E (1973). Developmental dyslexia: a diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 15 : 663-687.
- BOUMA H (1970). Interaction effects in parafoveal letter recognition. *Nature*, 226 : 177–178.
- BRUNSWICK N, MACCRORY E, PRICE CJ, FRITH CD, FRITH U (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics : A search for Wernicke's Wortschatz ? *Brain*, 122 : 1901-1917.
- BURANI C, MARCOLINI S, DE LUCA M, ZOCCOLOTTI P (2008). Morpheme-based reading aloud : Evidence from dyslexic and skilled Italian readers. *Cognition*, 108 : 243-262
- CAMPBELL R (1983). Writing non-words to dictation, *Brain and Language*, 19 : 153-178.
- CAMPOLINI C, VAN HOVELL V, VANSTEELANDT A (2000). *Le développement du langage écrit et sa pathologie*. Louvain-la-Neuve, Peeters.
- CASALIS S (2003). The delay-type in developmental dyslexia: Reading processes. *Current Psychology Letters: Behavior, Brain and Cognition*, 10 : 2-7.
- CASCO C, TRESSOLDI PE, DELLANTONIO A (1998). Visual selective attention and reading efficiency are related in children. *Cortex*, 34 : 531-546.
- CASSAR M, TREIMAN R (1997). The Beginnings of Orthographic Knowledge : Children's Knowledge of Double Letters in Words. *Journal of Educational Psychology*, 89 : 631-644.

- CHUNG STL, MANSFIELD JS, LEGGE GE (1998). Psychophysics of reading. XVIII. The effect of print size on reading speed in normal peripheral vision. *Vision Research*, 38 : 2949-2962.
- COLTHEART M (1978). Lexical access in simple reading tasks. In : UNDERWOOD G *Strategies of Information Processing*. Londres, academic press : 151-216.
- COLTHEART M, RASTLE K, PERRY C, LANGDON R, ZIEGLER JC (2001). DRC : A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108 : 204-256.
- CORNELISSEN P, BRADLEY L, FOWLER S, STEIN J (1991). What children see affects how they read. *Developmental Medicine & child neurology*, 33 : 755-762
- DUCROT S, LETE B, SPRENGER-CHAROLLES L, PYNTE J, BILLARD C (2003). The optimal viewing position effect in beginning and dyslexics readers. *Current Psycholgy letterd*, 10 : 2-7.
- EDERMANN RL, NEAL AS (1968). Word legibility as a function of letter legibility, font size, word familiarity and resolution as parameters. *Journal of applied Psychology*, 52 : 403-409.
- ESSER G, SCHMIDT MH (1994). Children with specific reading retardation-early determinants and long-term outcome. *Acta Paedopsychiatr*, 56 : 229-237.
- ESTES WK, BRUNN JL (1987). Discriminability and bias in the word-superiority effect. *Perception and Psychophysics*, 42(5) : 411-422.
- FACOETTI A, PAGANONI P, LORUSSO ML (2000). The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Experimental Brain Research*, 132 : 531-538.
- FACOETTI A, TURATTO M, LORUSSO ML, MASCETTI GG (2001). Orienting of visual attention in dyslexia : evidence for asymmetric hemispheric control of attention. *Experimental Brain Research*, 138 : 46-53.
- FACOETTI A, LORUSSO ML, PAGANONI P, CATTANEO C, GALLI R, UMILTÀ C, MASCETTI GG (2003). Auditory and visual automatic attention deficits in developmental dyslexia. *Cognitive brain research*, 16 : 185-191.
- FISCHER B, HARTNEGG K (2000). Stability of gaze control in dyslexia. *Strabismus*, 8 : 119-122.
- FLETCHER JM, COULTER WA, RESCHIV DJ, VAUGHN S (2004). Alternative approaches to the definition and identification of Learning Disabilities: some questions and answers. *Annals of Dyslexia*, 54 : 304-331.
- FOMBONNE E, VERMEERSCH S (1997). Children from the GAZEL cohort: II--motive for contact with the medical-educational system by age and sex. *Rev Epidemiol Sante Publique*, 45 : 107-115.
- FRANCESCHINI S, GORI S, RUFFINO M, PEDROLLI K, FACOETTI A (2012). A causal link between visual spatial attention and reading acquisition. *Current Biology*, 22 : 814-819.

- FRITH U (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In : *Surface dyslexia: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. PATTERSON KE, MARSHALL JC, COLTHEART M (Eds). London, Erlbaum : 301-330.
- HABIB M, JOLY-POTTUZ B (2008). Dyslexie, du diagnostic à la thérapeutique : un état de lieux. *Revue de Neuropsychologie*, 18 : 247-325.
- HARI R, RENVALL H (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 5 : 525-532.
- HARM MW, SEIDENBERG MS (2004). Computing the meaning of words in reading : Cooperative division of labor between visual and phonological processes. *Psychological Review*, 111 : 662-720.
- HUGHES LE, WILKINS AJ (2000). Typography in children's reading schemes may be suboptimal : Evidence from measures of reading rate. *Journal of Research in Reading*, 23 : 314-324.
- HUGHES LE, WILKINS AJ (2002). Reading at a distance : Implications for the design of text in children's big books. *British Journal of Educational Psychology*, 72 : 213-226.
- HUTZLER F, KRONBICHLER M, JACOBS AM, WIMMER H (2006). Perhaps correlational but not causal: No effect of dyslexic readers magnocellular system on their eye movements during reading. *Neuropsychologia*, 44 : 637-648.
- HYÖNÄ J, OLSON RK (1995). Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers: Effects of word length and word frequency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21 : 1430-1440.
- IANNUZZI S (2010). *Les effets lexicaux dans l'identification de lettres;étude en potentiels évoqués chez des enfants contrôles et dyslexiques*. Thèse présentée en vue d'obtenir le grade de Docteur, spécialité « Neuropsychologie ». Université Toulouse III.
- I.N.S.E.R.M. (2007). Expertise collective : Dyslexie, dysorthographe et dyscalculie, bilan des données scientifiques. Paris, Les éditions de l'INSERM.
- KAMHI AG, CATTI HW (2002). The language basis of reading: Implications for classification and treatment of children with reading disabilities. In : BULTER KG, SILLIMAN ER (Eds). *Speaking, reading and writing in children with language learning disabilities: new paradigms in research and practice*. Lawrence Erlbaum Associates : 45-72.
- KIRK SA (1963). Behavioral diagnosis and remediation of learning disabilities. *Proceedings of the Conference on Exploration into the Problems of the Perceptually Handicapped Child*, 1 : 1-23.
- KLEIN V (2010). Influence de la typographie sur l'aisance de lecture d'une population d'enfants dyslexiques. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophonie, Université Victor-Segalen Bordeaux 2.

- LEEUW R (2010). *Special font for dyslexia ?* Master's thesis, Université de Twente.
- LEFAVRAIS P, *Test de l'Alouette*. Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, Paris : 1967 (2e Ed.).
- LEGGÉ GE, PELLI DG, RUBIN GS, SCHLESKE MM (1985). Psychophysics of reading I : Normal Vision. *Vision Research*, 25 : 239-252.
- LEGGÉ GE, KLITZ TS, TJAN BS (1997). Mr. Chips : An ideal-observer model of reading. *Psychological Review*, 104 : 524-553.
- LIVINGSTONE MS, ROSEN GD, DRISLAINE FW, GALABURDA AM (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 88 : 7943-7947.
- LORUSSO ML, FACOETTI A, TORALDO A, MOLTENI M (2005). Tachistoscopic treatment of dyslexia changes the distribution of visual-spatial attention. *Brain and Cognition*, 57 : 135-42.
- LUCCI V, MILLET A (1994). *L'orthographe de tous les jours : enquête sur les pratiques orthographiques des Français*. Paris, H. Champion.
- LYON GR, SHAYWITZ SE, SHAYWITZ BA (2003). Defining dyslexia, comorbidity, teachers' knowledge of language and reading. A definition of dyslexia. *Ann Dyslexia*, 53 : 1-14.
- MARTINET C (2010). Comment favoriser les apprentissages des élèves présentant une dyslexie-dysorthographe ? Repérage et pistes d'aménagements pédagogiques. *Revue CSPS-SZH*, 7-8 : 26-31.
- MCCRORY E, FRITH U, BRUNSWICK N, PRICE C (2000). Abnormal functional activation during a simple word repetition task : A PET study of adult dyslexics. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 12 : 753-762.
- MELBY-LERVAG M, LYSTER SA, HULME C (2012). Phonological skills and their rôle in learning to read : A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138 : 322-352.
- MISES R, QUEMADA N, BOTBOL M, BURSZEJN C, DURAND B, GARRABE J, et al (2002). *CFTMEA 2000 : nouvelle version de la Classification française des troubles mentaux de l'enfant et de l'adolescent*. Ann Med Psychol.
- MOLFESE VJ, MODGLIN A, MOLFESE DL (2003). The role of environment in the development of reading skills: a longitudinal study of preschool and school-age measures. *J Learn Disabil*, 36 : 59-67.
- MORGAN WP (1896). A case of congenital word-blindness. *British Medical Journal*, 2 : 1378.
- NICOLSON RI, FAWCETT AJ (1990). Automaticity : A new framework for dyslexia research ? *Cognition*, 35 : 159-182.

- NICOLSON RI, FAWCETT AJ, BERRY EL, JENKINS IH, DEAN P, BROOKS DJ (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *Lancet*, 353 : 1662-1667.
- NICOLSON RI, FAWCETT AJ, DEAN P (2001). Dyslexia ? Development and the cerebellum. *Trends in Neuroscience*, 24 : 515-516.
- O'BRIEN BA, MANSFIELD JS, LEGGE GE (2005). The effect of print size on reading speed in dyslexia. *Journal of Research in Reading*, 28 : 332-349.
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (1994). *Classification Internationale des Maladies*. Issy-les-Moulineaux, Masson.
- O'REAGAN K, JACOBS AM (1992). Optimal viewing position effect in word recognition : A challenge to current theory. *Journal of experimental Psychology : Human Perception et Performance*, 18 : 185-197.
- ORTON ST (1928). Specific reading disability-strephosymbolia. *Journal of the American Medical Association*, 90 : 1095-1099.
- ORTON ST (1937). *Reading, Writing and Speech Problems in Children*. New York, Norton.
- PACTON S, FAYOL M, PERRUCHET P (1999). L'apprentissage de l'orthographe lexicale : le cas des régularités. *Langue française*, 124 : 23-39.
- PATERSON D, TINKER MA (1929). Studies of typographical factors influencing speed of reading. *Journal of applied Psychology*, 13 : 120-130.
- PAULESU E, DEMONET JF, FAZIO F, MCCRORY E, CHANOINE V, BRUNSWICK N, CAPPAS SF, COSSU G, HABIB M, FRITH CD, FRITH U (2001). Dyslexia, cultural diversity and biological unity. *Science*, 291 : 2165-2167.
- PAVLIDIS GT (1981). Do eye movements hold the key to dyslexia? *Neuropsychologia*, 19 : 57-64.
- PELLI DG, TILLMAN KA, FREEMAN J, SU M, BERGER TD, MAJAJ NJ (2007). Crowding and eccentricity determine reading rate. *Journal of Vision*, 7 : 1-36
- PEREA M, PANADERO V, MORET-TATAY C, GOMEZ P (2012). The effects of inter-letter spacing in visual-word recognition : Evidence with young normal readers and developmental dyslexics. *Learning and Instruction*, 22 : 420- 430.
- RAMUS F, PIDGEON E, FRITH U (2003). The relationship between motor control and phonology in dyslexic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44 : 712-722.
- RAYNER K (1998). Eye movements in reading and information processing : 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124 : 372-422.
- REGAN D, KOTHE AC (1990). The component of Gaze Selection/Control in the Development of Visual Acuity in Children. *Optometry & Vision Science*, 67 : 770-778.

- RELLO L, BAEZA-YATES R (2013). *Good fonts for dyslexia*. ASSETS Conférence Bellevue, Washington. En ligne www.luzrello.com.
- RUTTER M (1978). Dyslexia. In : BENTON AL, PEARL D (eds). *Dyslexia : An appraisal of current knowledge*. Oxford, Univ. Press.
- RUTTER M (1989). Child psychiatric disorders in ICD-10. *J Child Psychol Psychiatry*, 30 : 499-513.
- SANTOS R. (2002) La composante visuelle dans les dyslexies développementales : interprétations, remédiations. *Glossa*, 80 : 28-43.
- SCARBOROUGH HS (1998). Predicting the future achievement of second graders with reading disabilities: Contributions of phonemic awareness, verbal memory, rapid serial naming, and IQ. *Annals of Dyslexia*, 48 : 115-136
- SHAPLEY B, PERRY VH (1986). Cat and Monkey retinal ganglion cells and their functional roles. *Trends in Neuroscience*, 9 : 229-235.
- SHARE DL, JORM AF, MCLEAN R, MATTHEWS R (2002). Temporal processing and reading disability. *Reading and Writing : An Interdisciplinary Journal*, 15 : 151- 178.
- SILVA PA, MCGEE R, WILLIAMS SM (1983). Developmental language delay from three to seven years and its significance for low intelligence and reading difficulties at age seven. *Dev Med Child Neurol*, 25 : 783-793.
- SKOTTUN BC, FREEMAN RD (1983). Perceived size of letters depends on inter-letter spacing : a new visual illusion. *Vision Res*, 23 : 111-112.
- SMITH L (1979). Letter size and legibility. *Human Factors*, 21 : 661-670.
- SPRENGER-CHAROLLES L, SIEGEL LS (1997). A longitudinal study of the effects of syllabic structure of the development of reading and spelling skills in French. *Applied Psycholinguistics*, 18 : 485-505.
- SPRENGER-CHAROLLES L, COLÉ P, KIPPFER-PIQUARD A, PINTON F, BILLARD C (2009). Reliability and prevalence of an atypical development of phonological skills in French-speaking dyslexics. *Reading and writing : An interdisciplinary journal*, 22 : 811-842.
- SPRENGER-CHAROLLES L, COLE P (2013). *Lecture et dyslexie : Approche cognitive*. Paris, Dunod.
- STANTON CHAPMAN TL, CHAPMAN DA, BAINBRIDGE NL, SCOTT KG (2002). Identification of early risk factors for language impairment. *Res Dev Disabil*, 23 : 390-405.
- STUDDERT-KENNEDY M, MODY M (1995). Auditory temporal perception deficits in the reading impaired : A critical review of the evidence. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2 : 508-514.
- TALLAL P (1980). Auditory temporal perception, phonics and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 9 : 182-198.

- TALLAL P, MILLER S, FITCH RH (1993). Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. *Annals of the New York Academy of Science*, 682 : 27-47.
- TALLAL P, MILLER SL, BEDI G, BYMA G, WANG X (1996). Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science*, 271 : 81-83.
- TRESSOLDI PE, STELLA G, FAGGELLA M (2001) The development of reading speed in Italians with dyslexia: A longitudinal study. *J Learn Disabil*, 34 : 414–417.
- VALDOIS S, LAUNAY L (1999) « Évaluation et rééducation cognitives des dyslexies développementales: illustration à partir d'une étude de cas. » In : AZOUVI P, PERRIER D, VAN DER LINDEN M. *La rééducation en Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie – Bilan des données scientifiques 634* neuropsychologie : Études de cas. Marseille, Solcoll : 95-116.
- VALDOIS S, TAINURIER MJ, BOSSE ML (2007) Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104 : 198-230.
- VELLUTINO FR, FLETCHER JM, SNOWLING MJ, SCANLON DM (2004) Specific reading disability (dyslexia): What we have learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45 : 2-40.
- VÉRONIS J (1988). From sound to spelling in french : Simulation on a computer. *Cahiers de psychologie cognitive*, 8 : 315-334.
- WALKER MM, SHINN JB, CRANFORD JL, GIVENS GD, HOLBERT D (2002) Auditory temporal processing performance of young adults with reading disorders. *J Speech Lang Hear Res*, 45 : 598-605.
- WALKER S, REYNOLDS L (2003). Serifs, sans serifs and infant characters in children's reading books. *Information Design Journal*, 11 : 106-122.
- WATIER L, DELLATOLAS G, CHEVRIE-MULLER C (2006). Difficultés de langage et de comportement à 3 ans et demi et retard en lecture au CE1 : une étude longitudinale sur 693 enfants. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 54 : 327-339.
- ZIEGLER JC, CASTEL C, PECH-GEORGEL C, GEORGE F, ALARIO FX, PERRY C (2008) ; Developmental dyslexia and the Dual Route Model of reading : Simulating individual differences and subtypes. *Cognition*, 107 : 151-178.
- ZORZI M, BARBIERO C, FACOETTI A, LONCIARI I, CARROZZI M, MONTICO M, BRAVAR L, GEORGE F, PECH-GEORGEL C, ZIEGLER J (2012). Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 : 11455-11459.

Sites internet consultés :

Académie de Nantes. MAROIS W. www.ac-nantes.fr [consulté le 08/08/2015]. Consulté pour trouver le texte pour l'expérimentation.

- ANAPEDYS. www.apedys.org [consulté le 13/10/2015]. Consulté pour obtenir des informations sur les recommandations des associations ainsi que sur les éditeurs qui ont adapté certains ouvrages en terme de mise en page.
- Auxilidys. VAN DEN HEUVEL R. www.auxilidys.fr [consulté le 20/09/2015]. Consulté pour la partie relative aux polices d'écriture.
- INTERNATIONAL DYSLEXIA ASSOCIATION. Frequently Asked Questions (FAQ): What is dyslexia ? <http://www.interdys.org/> [consulté le 20/03/2016]. Référence citée par l'INSERM (2007).
- Larousse. JEUGE-MAYNART I. www.larousse.fr [consulté le 16/12/2015]. Consulté pour des définitions.
- OpenDyslexic. opendyslexic.org [consulté le 20/09/2015]. Consulté pour la partie relative aux polices d'écriture et le téléchargement de la police pour la mise en page des textes.
- Réseau des Observatoires Locaux de la Lecture. Pour une pédagogie de la compréhension. www.roll-descartes.net [consulté le 08/08/2015]. Consulté pour obtenir des informations sur la provenance du texte choisi pour l'expérimentation.
- Typographie et Civilisation. LOUBET DEL BAYLE JC. www.typographie.org [consulté le 06/01/2016]. Consulté pour la partie relative à la classification des polices d'écriture.
- Wikipedia. Typeface. <https://en.wikipedia.org/wiki/typeface> [consulté le 20/03/2016]. Consulté pour l'image de la police proportionnelle vs mono espacée.

Liste des annexes

Liste des annexes :

Annexe n°1 : Protocole explicatif à destination des orthophonistes

Annexe n°2 : Feuille de report des résultats à destination de l'expérimentateur

Annexe n°3 : Texte de base

Annexe n°4 : Texte avec la taille augmentée

Annexe n°5 : Texte avec l'espacement augmenté

Annexe n°6 : Texte avec taille et espacement augmentés

Annexe n°7 : Texte avec la police Open Dyslexic

Annexe n°8 : Résultats individuels des enfants dyslexiques

Annexe n°9 : Résultats individuels des enfants normo-lecteurs