



**HAL**  
open science

# Élaboration et validation d'un test de lecture évaluant l'effet d'encombrement visuel

Stessy Godefroy, Laurène Roubot

► **To cite this version:**

Stessy Godefroy, Laurène Roubot. Élaboration et validation d'un test de lecture évaluant l'effet d'encombrement visuel. Sciences cognitives. 2020. dumas-03248375

**HAL Id: dumas-03248375**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03248375>**

Submitted on 3 Jun 2021

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

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



UFR de Médecine – Département d’orthophonie

**ÉLABORATION ET VALIDATION D’UN TEST DE  
LECTURE EVALUANT L’EFFET D’ENCOMBREMENT VISUEL**

Mémoire présenté pour l’obtention du Certificat de Capacité d’Orthophonie

Par

Stessy GODEFROY, née le 04/02/1995

& Laurène ROUBOT, née le 22/03/1996

Sous la direction de :

Franck MEDINA, Orthophoniste

Laurent LESECQ, Orthophoniste

Soutenu en : juin 2020

Académie d’AMIENS

Année universitaire : 2019/2020



UFR de Médecine – Département d’orthophonie

**ÉLABORATION ET VALIDATION D’UN TEST DE  
LECTURE EVALUANT L’EFFET D’ENCOMBREMENT VISUEL**

Mémoire présenté pour l’obtention du Certificat de Capacité d’Orthophonie

Par

Stessy GODEFROY, née le 04/02/1995

& Laurène ROUBOT, née le 22/03/1996

Sous la direction de :

Franck MEDINA, Orthophoniste

Laurent LESECQ, Orthophoniste

Soutenu en : juin 2020

Académie d’AMIENS

Année universitaire : 2019/2020

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier dans un premier temps nos directeurs de mémoire, Franck Médina et Laurent Lesecq de nous avoir accompagnées dans ce projet.

Un merci particulier à Franck Médina pour sa disponibilité et ses conseils, et son invitation à une formation en langage écrit qui fut riche en enseignements et en partages.

Un grand merci à M. Tekaya, M. Durand-Drouhin et Pierre pour leurs précieux conseils statistiques et pour le temps qu'ils nous ont accordé.

Nous remercions également les écoles qui nous ont permis de faire les passations, ainsi que tous les enfants et leurs parents d'avoir accepté de contribuer à cette étude.

Merci aux orthophonistes volontaires d'avoir effectué des passations auprès de leurs patients.

Merci aussi aux étudiantes en orthophonie de notre promotion qui ont pris de leur temps pour la cotation des pseudo-textes.

Merci à Clémence, Emilie et Mathilde pour ces cinq belles années passées avec elles.

*Stessy et Laurène*

Je remercie tout d'abord Stessy avec qui j'ai partagé cette aventure. Ce travail en binôme a été très riche, nous avons été complémentaires et nos échanges nous ont permis d'avancer dans nos réflexions.

Un grand merci à mes parents qui ont toujours été là pour moi et qui m'ont soutenue durant toute ma scolarité.

Merci aussi à mes amis et ma famille pour tous leurs encouragements.

Enfin, merci à Pierre, mon compagnon, de contribuer un peu chaque jour à mon bonheur.

*Laurène*

Je remercie Laurène d'avoir été une binôme de choc pour ce mémoire. Je n'aurais pas pu rêver meilleure complémentarité entre nous et je suis fière de ce que nous avons réussi à construire ensemble.

Merci à Clémence d'avoir rendu ma vie étudiante à Amiens plus pétillante.

Un grand merci à toutes les orthophonistes qui m'ont accueillie en stage de m'avoir transmis leur passion pour ce métier.

Un immense merci à mes parents et ma famille pour leur soutien durant toute ma scolarité et plus largement au quotidien.

Merci à mon frère d'apporter toujours un peu plus de malice et de musique à ma vie.

Enfin, merci à Brieuc pour tout ce que tu m'apportes au quotidien et ce qu'il nous reste à construire ensemble.

*Stessy*

# Sommaire

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>PARTIE THEORIQUE.....</b>	<b>7</b>
1.    ACQUISITION ET FONCTIONNEMENT DE LA LECTURE.....	8
1.1.  Apprentissage de la lecture .....	8
1.2.  Modèles de lecture .....	9
1.3.  Bases cérébrales de la lecture.....	11
2.    LA DYSLEXIE.....	11
2.1.  Définitions selon les classifications internationales.....	11
2.2.  La prévalence de la dyslexie .....	13
2.3.  Les causes de la dyslexie.....	13
2.4.  Dysfonctionnements cognitifs relatifs à la dyslexie.....	16
3.    L'EFFET DE CROWDING.....	21
3.1.  L'effet de crowding en lecture .....	21
3.2.  L'effet de crowding chez les lecteurs dyslexiques.....	21
3.3.  Espacer les caractères pour réduire l'effet de crowding.....	22
3.4.  Conséquences de l'espacement sur l'empan visuel.....	22
<b>PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....</b>	<b>23</b>
1.    PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS.....	24
2.    HYPOTHESES .....	24
<b>METHODOLOGIE.....</b>	<b>26</b>
<b>PARTIE 1 : Création des pseudo-textes équivalents.....</b>	<b>27</b>
1.    CRÉATION DES PSEUDO-TEXTES .....	27
1.1.  Manulex-infra.....	27
1.2.  Choix des variables .....	27
1.3.  Caractéristiques des pseudo-textes A et B .....	29
2.    POPULATION.....	30
2.1.  Le recrutement .....	30
2.2.  Présentation de la population .....	30
3.    MÉTHODE .....	31
3.1.  Organisation et lieux de passation.....	31
3.2.  Présentation d'une passation .....	31
3.3.  Analyse des données .....	32
<b>PARTIE 2 : Evaluation de l'effet d'encombrement visuel.....</b>	<b>34</b>
1.    POPULATION.....	34
1.1.  Recrutement .....	34
1.2.  Présentation de la population .....	35
2.    MATÉRIEL.....	36

2.1.	Épreuve préliminaire La Belette .....	36
2.2.	Pseudo-textes.....	36
3.	MÉTHODE .....	37
3.1.	Organisation et lieux de passation.....	37
3.2.	Présentation d'une passation .....	37
3.3.	Correction des épreuves .....	38
3.4.	Analyse des données .....	38
<b>RESULTATS</b> .....		<b>40</b>
1.	EQUIVALENCE DES PSEUDO-TEXTES .....	41
1.1.	Analyse des caractéristiques des deux pseudo-textes.....	41
1.2.	Analyse des résultats après passations auprès d'enfants tout-venant.....	41
2.	EFFET DE L'AUGMENTATION DE L'ESPACEMENT DES CARACTÈRES .....	44
2.1.	Analyse des résultats chez les enfants tout-venant.....	44
2.2.	Analyse des résultats chez les enfants dyslexiques.....	46
2.3.	Comparaison des résultats entre les enfants tout-venant et dyslexiques .....	48
3.	CORRÉLATIONS ENTRE LA BELETTE ET LES PSEUDO-TEXTES .....	49
4.	FIDELITE INTER-JUGES .....	49
<b>DISCUSSION</b> .....		<b>50</b>
1.	RAPPEL DES OBJECTIFS ET DES HYPOTHESES .....	51
2.	ANALYSE DES RESULTATS .....	52
2.1.	Equivalence des pseudo-textes.....	52
2.2.	Effet de l'augmentation de l'espacement .....	53
2.3.	Corrélations entre les textes .....	55
2.4.	Fidélité inter-juges .....	56
3.	INTERETS DE L'ETUDE.....	56
4.	LIMITES ET PERSPECTIVES DE L'ETUDE.....	57
<b>CONCLUSION</b> .....		<b>59</b>
<b>REFERENCES</b> .....		<b>61</b>
<b>ANNEXES</b> .....		<b>75</b>
<b>SOMMAIRE DES ANNEXES</b> .....		<b>76</b>
<b>TABLES DES ILLUSTRATIONS</b> .....		<b>87</b>

# INTRODUCTION

Les difficultés d'acquisition de la lecture font partie des troubles des apprentissages les plus importants dans l'enfance (Fluss et al., 2009). Ces troubles sont plus communément retrouvés sous le terme de « dyslexie », et sont classés dans les troubles neurodéveloppementaux dans le DSM-5 et la CIM-11 (APA, 2015; OMS, 2018). Selon les critères utilisés dans les études menées sur la langue française, le taux de prévalence de la dyslexie varierait de 6 à 14% (INSERM, 2007).

La littérature a étudié principalement l'hypothèse du déficit phonologique dans la dyslexie (Snowling, 2001; Vellutino et al., 2004) mais des déficits visuels sont aujourd'hui davantage pris en compte (Gori & Facoetti, 2015). Parmi ceux-ci, l'effet de crowding constitue le sujet principal de notre mémoire. Ce dernier, également appelé effet d'encombrement visuel, entraîne une perturbation de la reconnaissance des lettres à cause de l'effet de masse induit par les lettres entourant une cible (Spinelli et al., 2002). Cela rend alors la lecture difficile (Bouma & Legein, 1977; Martelli et al., 2009; Spinelli et al., 2002).

L'augmentation de l'espacement entre les caractères entraîne une réduction du crowding et améliore les performances de certaines personnes dyslexiques (Legge & Bigelow, 2011; O'Brien et al., 2005; Pelli et al., 2004; Pelli et al., 2007; Perea et al., 2012; Zorzi et al., 2012). Cependant, aucun test orthophonique évaluant l'effet d'encombrement visuel n'existe encore.

L'objectif de ce mémoire est dans un premier temps, de créer deux pseudo-textes équivalents, puis, d'étudier les conséquences de l'espacement des caractères sur la lecture d'enfants tout-venant et dyslexiques. Les pseudo-textes ont été créés en utilisant la base de données Manulex-infra afin de contrôler la fréquence, la longueur et la consistance grapho-phonémique des mots utilisés. En espaçant ensuite un des deux pseudo-textes, nous avons évalué l'influence de l'effet de crowding sur la lecture d'enfants tout-venant et dyslexiques.

Après avoir exposé les bases de l'acquisition de la lecture et de son fonctionnement, nous aborderons la dyslexie en évoquant ses causes, et les dysfonctionnements qu'elle entraîne. Enfin, nous vous présenterons l'effet de crowding et ses conséquences sur la lecture des enfants dyslexiques.



PARTIE  
THEORIQUE

# 1. ACQUISITION ET FONCTIONNEMENT DE LA LECTURE

## 1.1. Apprentissage de la lecture

La lecture est une activité complexe nécessitant un apprentissage. Elle met en jeu différents processus et consiste à faire correspondre des symboles visuels avec des représentations langagières phonologiques et sémantiques (Ramus, 2010). La théorie prédominante suggère que l'apprentissage de la lecture repose sur des capacités d'auto-apprentissage. Les enfants s'appuieraient sur la correspondance entre les graphèmes et les phonèmes pour apprendre de nouveaux mots (Ziegler et al., 2014). Les informations orthographiques des mots ainsi décodés pourraient être stockées, ce qui permettrait ensuite de les reconnaître.

### 1.1.1. Processus de décodage et de compréhension

La lecture est le produit du processus d'identification des mots écrits et de la compréhension. Elle est résumée par la formule  $L = R \times C$ , où le L correspond à la lecture, R à la reconnaissance des mots, au décodage et C à la compréhension (Tiffin-Richards & Schroeder, 2015). L'identification des mots seule n'est donc pas suffisante. Il est primordial d'en saisir le sens pour comprendre ce qui est écrit.

### 1.1.2. Modèle d'apprentissage de la lecture de Frith

Lors de l'apprentissage de la lecture, l'enfant passe par différents stades (Frith, 1985) (cf. annexe 1, p.77). Durant le stade logographique, l'enfant reconnaît de façon globale quelques mots grâce à leur présentation répétée dans un contexte, comme des logos (Mazeau & Pouhet, 2014). Puis vient le stade alphabétique. Les correspondances grapho-phonémiques sont alors apprises progressivement, c'est le début du déchiffrage. Cette stratégie permet la généralisation des informations, mais elle ne permet pas de lire les mots irréguliers. La dernière étape est la construction du lexique orthographique : c'est le stade orthographique. L'enfant parvient à reconnaître les mots de façon globale en passant par la voie lexicale, sans passer par la correspondance graphème-phonème, ce qui fait disparaître l'effet de longueur. La lecture s'automatise et devient experte : le décodage est moins coûteux et laisse plus de ressources cognitives pour comprendre.

## 1.2. Modèles de lecture

### 1.2.1. Le modèle DRC

Le modèle DRC (Dual Route Cascaded model) est un modèle à double voie en cascade (cf. annexe 2, p. 78). Les auteurs de ce modèle supposent l'existence de deux voies de lecture distinctes et indépendantes permettant de lire l'ensemble des mots pouvant être rencontrés (Coltheart et al., 2001).

La voie lexicale, ou voie d'adressage, permet le traitement des mots connus du lecteur. En effet, ces mots ont déjà été rencontrés par le lecteur et sont stockés dans le lexique orthographique. Le lecteur aura immédiatement accès à la forme phonologique du mot reconnu dans sa forme globale et possiblement à son sens, s'il connaît la signification du mot.

La voie non lexicale, ou voie d'assemblage, permet le traitement des mots inconnus du lecteur, qui ne sont donc pas stockés dans le lexique orthographique. Elle permet la mise en correspondance des lettres composant le mot (graphèmes) avec les sons (phonèmes) de la langue orale selon des règles de conversion grapho-phonémique.

La voie lexicale permet la lecture de mots connus, qu'ils soient réguliers ou irréguliers, alors que la voie non lexicale ne permet de lire de façon exacte que les mots réguliers.

### 1.2.2. Le modèle CDP+

Le modèle Connexionniste à Processus Duel (CDP+) est une évolution du modèle DRC (cf. annexe 3, p.79). Il a pour objectif de simuler les effets de consistance qui ne sont pas traités dans le modèle DRC et d'ajouter un réseau de capacités d'auto-apprentissage (Perry et al., 2007).

La voie lexicale correspond à celle du modèle DRC (Coltheart et al., 2001). Quelques modifications sont apportées à la voie non lexicale afin de reproduire les effets de consistance. L'ajout d'un buffer graphémique permet de coder la position des graphèmes dans le mot en fonction de leur position syllabique. De plus, un réseau d'assemblage à deux couches (réseau TLA : *two-layer assembly network*) encode les relations graphème-phonème à partir des informations grapho-syllabiques. Le mot produit à l'issue de ces traitements correspond aux phonèmes qui ont été les plus activés sur chaque position.

L'apport principal de ce modèle est la simulation des effets de consistance orthographique. La consistance orthographique correspond à la stabilité des relations entre les codes orthographiques et les codes phonologiques (Fayol et al., 2008). En effet, si les relations sont univoques entre les graphèmes et les phonèmes, la langue est dite transparente, ou consistante, tandis qu'elle est dite opaque, ou inconsistante, si les correspondances entre les graphèmes et les phonèmes sont multiples. Ainsi, les enfants apprendront plus rapidement à lire et à orthographier dans les langues transparentes que dans les langues plus opaques (Caravolas et al., 2013; Seymour et al., 2003). Dans les orthographe transparentes, l'identification des mots écrits peut se faire grâce à la voie d'assemblage, par les correspondances graphème-phonème. Cependant, cette procédure ne permet pas de lire correctement tous les mots d'une langue ayant une orthographe opaque. La voie d'adressage sera alors utilisée afin de compenser les difficultés liées au décodage (INSERM, 2007).

### 1.2.3. Le modèle multitraces MTM

Dans le modèle MTM (cf. annexe 4, p.80), on retrouve deux procédures de lecture fonctionnant successivement : globale et analytique. La procédure globale permet de reconnaître des mots entiers et la procédure analytique permet d'analyser les sous-unités composant les mots (Ans et al., 1998). L'apport de ce modèle est l'ajout d'une fenêtre visuo-attentionnelle dont la taille peut varier (Ans et al., 1998). Elle détermine la quantité d'informations orthographiques pouvant être traitée en une fixation oculaire, donc elle joue un rôle important dans l'apprentissage de la lecture.

Lorsque la fenêtre visuo-attentionnelle est de grande taille, elle permet d'appréhender les mots connus du lecteur dans leur intégralité. La reconnaissance de ces mots est immédiate, grâce à la voie d'adressage. Lorsqu'il s'agit de pseudo-mots ou de mots inconnus, le traitement est analytique : la fenêtre visuo-attentionnelle se réduit pour cadrer une unité sublexicale pouvant être reconnue par le lecteur. Ces unités sont alors traitées et associées aux phonèmes ou syllabes correspondants. Les sorties phonologiques sont successivement maintenues en mémoire à court terme jusqu'à la production orale finale du mot.

### **1.3. Bases cérébrales de la lecture**

#### **1.3.1. Zones cérébrales impliquées dans la lecture**

Plusieurs auteurs ont identifié trois zones cérébrales situées dans l'hémisphère gauche et impliquées dans la lecture et son acquisition (Démonet et al., 2004; Shaywitz et al., 2002) (cf. annexe 5, p.80). La première zone est l'aire de la forme visuelle des mots (VWFA). Elle se situe dans la région occipito-temporale et permet le traitement des lettres et la reconnaissance globale des mots. La deuxième zone joue un rôle dans la mémoire verbale à court terme et l'articulation des mots : le gyrus frontal inférieur, qui contient notamment l'aire de Broca. Enfin la dernière zone se nomme l'aire de Geschwind et se situe dans la région pariéto-temporale. Son rôle est crucial pour le traitement phonologique et la conversion graphème-phonème.

#### **1.3.2. Le modèle LCD**

Le modèle de détecteurs des combinaisons locales (LCDs) indique les régions cérébrales et les circuits neuronaux impliqués lors de la lecture (Stanislas Dehaene et al., 2005). L'aire de la forme visuelle des mots (VWFA), située dans la région occipito-temporale gauche, est spécialisée dans la reconnaissance visuelle des mots écrits et est connectée aux aires du langage. La VWFA est considérée comme la "voie d'entrée" visuelle de la lecture et est reliée à d'autres réseaux permettant d'accéder au sens des mots et de produire la prononciation adéquate. Depuis 2007, plusieurs études ont confirmé le rôle central de la VWFA dans l'acquisition de la lecture (Brem et al., 2010; S. Dehaene et al., 2010; Monzalvo et al., 2012).

## **2. LA DYSLEXIE**

### **2.1. Définitions selon les classifications internationales**

#### **2.1.1. Définition selon le DSM-5**

La dyslexie fait partie des troubles neurodéveloppementaux dans le Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux (DSM-5). Au sein de cette catégorie,

on retrouve l'appellation « Trouble Spécifique des Apprentissages » dont la dyslexie fait partie, au même titre que la dysorthographe et la dyscalculie (APA, 2015). Le trouble spécifique de l'apprentissage de la lecture est également appelé dyslexie développementale, et fréquemment abrégé par le terme « dyslexie » (Ramus, 2012).

Quatre caractéristiques permettent de poser ce diagnostic :

- Les difficultés doivent persister pendant au moins 6 mois malgré la mise en place d'aides adaptées ciblant ces difficultés.
- Les compétences sont bien inférieures à celles attendues pour l'âge chronologique du sujet et cela a un impact négatif sur ses performances scolaires.
- Il est possible que les difficultés du sujet ne se remarquent pas d'emblée si les exigences scolaires concernant ces compétences ne dépassent pas les capacités limitées du sujet.
- Les difficultés d'apprentissage sont considérées comme spécifiques car elles ne sont pas mieux expliquées par une déficience intellectuelle, des troubles sensoriels non corrigés (cécité, surdité), des troubles neurologiques ou mentaux, une adversité psychosociale, un manque de maîtrise de la langue d'enseignement ou un enseignement pédagogique inadéquat.

### 2.1.2. Définition selon la CIM-10

La dyslexie est intitulée « trouble spécifique de la lecture » dans la Classification Internationale des Maladies (CIM-10) et fait partie des troubles spécifiques du développement des acquisitions scolaires (OMS, 1993). Cela correspond à une altération spécifique et significative de l'acquisition de la lecture. La compréhension de la lecture, la reconnaissance des mots, la lecture orale et les performances dans les tâches nécessitant la lecture peuvent être toutes atteintes. Ce trouble n'est pas seulement la conséquence d'un manque d'occasions d'apprentissage, d'un retard mental. Il n'est pas non plus dû à un traumatisme cérébral ou à une atteinte cérébrale acquise.

Il n'existe pas à ce jour de traduction française officielle de la CIM-11. La dyslexie y est référencée sous le terme de « developmental learning disorder with impairment in reading » dans le chapitre des « neurodevelopmental disorders » (OMS, 2018).

### 2.1.3. Les comorbidités

La dyslexie est rarement isolée : on parle de troubles associés voire de comorbidités lorsque des critères diagnostiques de plusieurs troubles sont relevés (Ramus, 2012). Le trouble spécifique des apprentissages coexiste souvent avec d'autres troubles neuro-développementaux tels que le Trouble Déficitaire de l'Attention avec Hyperactivité (TDAH), les troubles de la communication, le Trouble Développementale de Coordination (TDC), le Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA), la dysorthographe, la dyscalculie (APA, 2015; Casalis et al., 2013). Il peut aussi être associé à des troubles mentaux tels que les troubles anxieux, dépressifs et bipolaires (APA, 2015). De plus, un diagnostic de Trouble spécifique et développemental du langage oral augmente le risque de développer une dyslexie car ces troubles sont considérés comme différentes manifestations du même déficit phonologique (Bishop & Snowling, 2004).

## 2.2. La prévalence de la dyslexie

Selon les critères utilisés dans les études menées sur la langue française, le taux de prévalence de la dyslexie varierait de 6 à 14% (INSERM, 2007). Celle-ci fluctue selon les critères utilisés et les seuils fixés mais également selon les langues et leur degré d'opacité. Plus la langue sera opaque et plus la prévalence de la dyslexie sera élevée, de même que les troubles de la lecture seront plus sévères dans les langues peu transparentes (Nossent, 2016; Paulesu et al., 2001; Ziegler, 2018). Le français est considéré comme une langue relativement opaque avec 35 phonèmes pour 190 graphèmes. La prévalence de la dyslexie dépend également du sexe. Les garçons sont deux fois plus touchés que les filles (Ramus, 2012).

## 2.3. Les causes de la dyslexie

### 2.3.1. Origine génétique de la dyslexie

#### 2.3.1.1. Les gènes impliqués

L'origine de la dyslexie est en partie génétique. L'existence d'une composante génétique de la dyslexie a longtemps été suspectée au regard des multiples cas familiaux

de dyslexie qui ont été rapportés dans la littérature depuis de nombreuses décennies. Si un des parents est dyslexique, l'enfant présente 60 % de risques d'être lui-même dyslexique (Habib, 2018).

Le premier gène associé à la dyslexie (DYX1C1) a été identifié en 2003 par des chercheurs finlandais (Taipale et al., 2003). Depuis, de nombreux sites chromosomiques susceptibles d'intervenir dans les troubles de la lecture ont été identifiés (Becker et al., 2017).

Plusieurs gènes sont donc impliqués, mais ils ne déterminent pas une dyslexie. Néanmoins, ils vont favoriser une susceptibilité particulière en jouant un rôle dans le développement cérébral de certaines aires impliquées dans l'apprentissage de la lecture (Mazeau & Pouhet, 2014).

#### *2.3.1.2. Anomalies de migration neuronale et ectopies*

Certains gènes impliqués dans la dyslexie augmentent la possibilité d'une perturbation de la migration neuronale vers 20-24 semaines de grossesse (Ramus, 2010). Galaburda et coll. (1985) ont été les premiers à mettre en évidence des troubles de la migration neuronale dans les cerveaux de certaines personnes dyslexiques (Galaburda et al., 1985). Ces anomalies de migration retrouvées chez les personnes dyslexiques, peuvent conduire à la formation d'ectopies dans les régions périsylviennes gauches comprenant le gyrus frontal inférieur et la région pariéto-temporale (Ramus, 2010). Les ectopies sont des groupes de neurones qui ne respectent pas l'organisation normale du cortex cérébral.

Galaburda et al. (2006) émettent l'hypothèse que les anomalies de la migration neuronale pourrait être un facteur explicatif de la dyslexie (Galaburda et al., 2006).

#### *2.3.1.3. Anomalies de matière grise et de connectivité*

Comme nous l'avons vu précédemment, les trois principales régions impliquées dans l'apprentissage de la lecture sont la région occipito-temporale, le gyrus frontal inférieur et la région pariéto-temporale. Ces régions, situées dans l'hémisphère gauche, présentent une activation réduite chez les dyslexiques par rapport aux sujets tout-venant, peu importe la langue et son degré d'opacité (Paulesu et al., 2001). Par ailleurs, une réduction du volume de matière grise dans deux de ces régions impliquées dans la



lecture est constatée chez les dyslexiques : l'aire frontale et l'aire pariéto-temporale, mais pas la zone occipito-temporale (Eckert, 2004; Ramus, 2012). Cela nous indique que cette dernière région peut être hypoactivée bien que son volume de matière grise soit normal. Ce phénomène serait lié aux faibles représentations orthographiques que présentent les enfants dyslexiques (Ramus, 2012)

D'autres études de neuroimagerie montrent chez les personnes dyslexiques des anomalies de matière grise et de connectivité des régions cérébrales impliquées dans la lecture (Peterson & Pennington, 2015; Verhoeven et al., 2019).

Le défaut de migration neuronale et la présence des ectopies seraient sous-jacents aux anomalies de matière grise et de connectivité, et permettraient d'expliquer les déficits de phonologie et donc de lecture des enfants dyslexiques (Ramus, 2012).

### 2.3.2. Influence des facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux réduisent ou augmentent la susceptibilité génétique de présenter une dyslexie (Ramus, 2010). Paulesu et al. (2001) relèvent un déficit cognitif universel à la base de la dyslexie mais qui aurait un impact réduit si l'orthographe de la langue est transparente. Les symptômes sont alors d'autant plus marqués que l'orthographe est opaque (Paulesu et al., 2001).

Un faible statut socio-économique est associé à de faibles capacités en lecture de mots et en compréhension écrite (Wer, 2014). Le risque d'avoir un trouble de l'apprentissage de la lecture est environ dix fois plus élevé pour les enfants des zones défavorisées par rapport à ceux des zones favorisées (Fluss et al., 2009). Selon Ramus (2005), ce ne serait pas le milieu défavorisé qui causerait la dyslexie, mais du fait de leurs troubles les personnes dyslexiques auraient moins accès aux études et aux métiers des catégories socio-professionnelles élevées (Ramus, 2005).

De plus, l'héritabilité de la dyslexie étant de l'ordre de 50 à 60% (Habib, 2018), les enfants dyslexiques ont davantage de risques de grandir dans un milieu où la stimulation face à l'écrit peut être plus faible. La dyslexie est plus fréquente dans les milieux défavorisés mais le statut socio-économique ne rendrait compte que de 10% de la variance dans les aptitudes en lecture (Habib, 2018). De plus, le niveau d'éducation de la mère a une influence sur l'apprentissage de la lecture (Billard et al., 2008).

La méthode d'apprentissage de la lecture selon les instituteurs pourrait également être un facteur environnemental (Ramus, 2005).

## 2.4. Dysfonctionnements cognitifs relatifs à la dyslexie

### 2.4.1. Théorie du déficit phonologique

#### 2.4.1.1. Déficit phonologique

La théorie d'un déficit phonologique dans la dyslexie est la plus répandue. Cependant, même si les compétences phonologiques sont importantes dans l'acquisition de la lecture, l'hypothèse phonologique ne permet pas d'expliquer tous les déficits observés chez les lecteurs dyslexiques (Casalis et al., 2013).

Lorsque l'on compare le profil phonologique des enfants dyslexiques par rapport à des enfants plus jeunes non dyslexiques ayant le même niveau de lecture, on remarque des déviations et un retard du traitement phonologique (Sprenger-Charolles et al., 2009).

Or, la maîtrise de la composante phonologique est primordiale dans la lecture afin d'établir et d'automatiser les correspondances entre les graphèmes et les phonèmes (Peterson & Pennington, 2015). L'enfant doit donc être capable de découper les mots en phonèmes, de les manipuler, pour les associer aux graphèmes correspondants (Mazeau & Pouhet, 2014). La plupart des enfants dyslexiques ne possèdent pas une conscience phonologique performante et ont des difficultés à manipuler les phonèmes (Liberman, 1973; Ramus, 2012). Selon Ziegler et al. (2008), 83% des lecteurs dyslexiques auraient une conscience phonémique insuffisante (Ziegler et al., 2008).

Ce déficit de conscience phonologique affecte la maîtrise des correspondances graphème-phonème et donc la voie non lexicale selon le modèle DRC (Coltheart et al., 2001). Cela a également un retentissement sur la voie lexicale car si le décodage est impacté, la mémorisation des mots dans le lexique orthographique sera perturbée (Ramus, 2010). Ces déficits phonologiques impactent alors la précision et la vitesse de la lecture chez les enfants dyslexiques jeunes et uniquement la vitesse chez les lecteurs dyslexiques plus âgés (Martin et al., 2010). Cependant, certains auteurs interrogent le lien entre les compétences phonologiques et la lecture, en pointant un effet de circularité ; certaines compétences phonologiques ne sont pas pré-existantes à la lecture mais se développent au travers de son apprentissage (Castles & Coltheart, 2004 ; Morais et al., 1986).

#### *2.4.1.2. Nature du déficit phonologique : représentations ou accès à celles-ci ?*

La nature du déficit phonologique est très controversée. L'hypothèse la plus répandue est que les représentations phonologiques sont dégradées chez les sujets dyslexiques. Les difficultés de lecture seraient liées à un codage phonologique faible caractérisé par des représentations phonologiques mal spécifiées (Griffiths & Snowling, 2002). Elles peuvent être testées grâce aux épreuves de catégorisation de la parole, de discrimination, d'articulation et de répétition de pseudo-mots simples et courts (Ramus et al., 2013).

Cependant, ce point de vue est de plus en plus contesté (Boets et al., 2013; Ramus, 2014). Il semblerait alors que les représentations phonologiques soient intactes, mais leur accès et leur utilisation seraient plus difficiles lors de tâches complexes comme la conscience phonologique, la mémoire verbale à court terme ou encore la dénomination rapide (Ramus & Szenkovits, 2008). Selon Boets et al. (2013), le système phonologique ne serait pas capable d'accéder aux représentations phonologiques. En effet, les régions frontales inférieures gauches liées à la production de la parole ne parviendraient pas à utiliser les informations sur les phonèmes stockées dans le cortex temporal, lié aux représentations phonologiques (Boets et al., 2013).

#### *2.4.1.3. Perception allophonique de la parole*

La perception allophonique de la parole se caractérise par un mode de perception spécifique que présentent certains enfants dyslexiques (Serniclaes et al., 2004). Elle fait référence à des caractéristiques auditives indépendamment du contexte (Serniclaes et al., 2015).

La perception catégorielle de la parole se caractérise par une désactivation progressive des capacités à percevoir des traits phonémiques qui ne sont pas pertinents dans notre langue maternelle, durant la petite enfance. Or, cette désactivation ne se produirait pas chez les dyslexiques : ils continueraient à percevoir des traits de voisement non pertinents rendant difficile la distinction entre des phonèmes proches, comme par exemple « pa » et « ba » (Bogliotti et al., 2008; Serniclaes et al., 2001). Cette perception allophonique de la parole entraîne des conséquences pour l'apprentissage de la lecture. En effet, si les phonèmes n'ont pas de frontières clairement

délimitées, l'appariement entre la lettre et le phonème ne pourra pas s'effectuer correctement (Casalis et al., 2013).

Ce déficit expliquerait également la déficience de la mémoire à court terme phonologique (Carré et al., 2000), car leur répertoire phonémique allophonique étant plus grand, le nombre d'unités à stocker est plus important.

## 2.4.2. Déficit d'intégration intermodalitaire

### 2.4.2.1. Déficit du lien graphème-phonème

L'automatisation des associations graphème-phonème prend plusieurs années chez les enfants normo-lecteurs et n'est que très rarement possible chez les sujets dyslexiques (Blomert & Froyen, 2010). C'est la pratique et l'enseignement qui permettent la bonne intégration de ces correspondances chez les normo-lecteurs. Un déficit au niveau du lien graphème-phonème pourrait être une cause des déficits de lecture dans la dyslexie, mais permettrait également d'expliquer le manque de fluidité en lecture (Blomert, 2011). La reconnaissance exacte et rapide des lettres dans la VWFA dépend de l'intégration des correspondances graphèmes-phonèmes.

### 2.4.2.2. Défaut de connectivité des aires cérébrales

Le déficit d'intégration intermodalitaire correspond ainsi à l'incapacité du cerveau des sujets dyslexiques à faire coïncider simultanément des stimuli traités par deux modalités différentes : l'image visuelle d'une lettre et le son correspondant (Habib, 2018). Ce déficit est lié à un défaut de connectivité entre des régions cérébrales distantes les unes des autres et qui ont un rôle primordial dans l'apprentissage de la lecture. En effet, une équipe a étudié la connectivité entre la région occipito-temporale gauche (VWFA) et les autres régions corticales lors d'une tâche de lecture de pseudo-homophones. Il a été montré que la connectivité était importante chez les sujets normo-lecteurs, notamment avec le cortex frontal et pariétal inférieurs gauches, tandis qu'elle était absente chez les sujets dyslexiques (Van der Mark et al., 2011). Ces résultats montrent que l'activation de la VWFA lors d'une tâche orthographique ne permet pas d'activer d'autres zones cérébrales chez les sujets dyslexiques, ce qui traduit une déconnexion fonctionnelle entre les différentes régions cérébrales.

### 2.4.3. Théorie du déficit visuo-attentionnel

#### 2.4.3.1. *Troubles du déplacement temporel et spatial de l'attention*

Chez certains dyslexiques ayant un trouble phonologique associé, on retrouve un ralentissement du déplacement et de l'orientation de l'attention (Valdois, 2014). Selon la théorie du SAS (*Sluggish Attentional Shifting*), les sujets dyslexiques présenteraient un déficit au niveau des mécanismes de désengagement de l'attention (Hari & Renvall, 2001). Lors d'une activité de lecture, leur attention, d'abord portée sur un graphème, mettra beaucoup plus de temps à se désengager et se réengager sur le graphème suivant comparé aux autres sujets. Le déplacement attentionnel est impliqué dans le traitement séquentiel rapide des différentes modalités sensorielles. Son ralentissement n'est donc pas spécifique à la modalité visuelle car les mêmes difficultés sont présentes en modalité auditive (Lallier et al., 2010).

Des troubles de l'orientation de l'attention sont également constatés. Un biais attentionnel vers l'hémichamp droit est observé chez certains sujets dyslexiques (Facoetti et al., 2006; Facoetti, Trussardi, et al., 2010). Ils ont donc des difficultés à inhiber l'information non pertinente à droite lorsque leur attention s'oriente à gauche. Ce déficit perturberait la reconnaissance des mots en adressage en empêchant la représentation claire des limites des mots (Bedoin, 2014). Par ailleurs, ce défaut d'inhibition du côté droit s'accompagne d'une pseudo-négligence gauche. En effet, leurs réponses sont systématiquement plus lentes à gauche lorsqu'il s'agit de repérer le plus vite possible une cible qui apparaît de façon aléatoire à gauche ou à droite d'un point central (Facoetti & Molteni, 2001).

Ces troubles de l'orientation de l'attention impliqueraient le système visuel magnocellulaire, responsable de l'orientation de l'attention et du contrôle des mouvements oculaires. Ils ne seraient pas spécifiques à la modalité visuelle car des différences similaires ont été trouvées en modalité auditive (Facoetti et al., 2010).

#### 2.4.3.2. *Réduction de l'empan visuo-attentionnel*

L'Empan Visuo-Attentionnel (EVA) est défini comme la quantité d'éléments visuels distincts pouvant être traités simultanément dans un groupe d'éléments (Bosse et al., 2007). Lors de l'activité de lecture, cela renvoie au nombre de lettres pouvant être identifiées dans un mot lors d'une fixation oculaire.

La fenêtre visuo-attentionnelle serait réduite chez certains enfants dyslexiques. Ainsi, si sa taille n'est pas suffisante pour le mot à lire, qu'il soit connu ou non par l'enfant, le traitement se fait en mode analytique afin de traiter les sous-unités des mots (Ans et al., 1998; Bosse et al., 2007). Ce traitement est alors plus long et laborieux. Par ailleurs, l'attention de l'enfant ne se distribuant pas forcément à l'ensemble des lettres du mot, l'établissement d'un lexique orthographique nécessaire à la lecture par adressage serait perturbé.

L'EVA réduit chez les individus dyslexiques affecte l'acquisition de la lecture (Bosse et al., 2007). En effet, plusieurs auteurs ont montré que l'EVA était déterminant dans l'apprentissage de la lecture chez les enfants tout-venant (Bosse & Valdois, 2009; Lobier et al., 2012).

#### *2.4.3.3. Déséquilibre du traitement global/local*

Lors de l'activité de lecture, l'attention des individus s'engage soit sur un mode global, soit sur un mode local. Le mode global traite surtout la configuration, c'est-à-dire l'organisation spatiale entre les lettres alors que le mode local traite l'identité des détails du mot et permet donc d'extraire les lettres qui le compose (Bedoin, 2017). L'équilibre entre ces deux modalités suit un processus développemental. Au début de l'apprentissage de la lecture, les enfants se focalisent principalement sur le mode local. Puis, avec l'expérience de la lecture, ils parviennent à inhiber les détails pour se focaliser sur l'organisation spatiale entre les lettres (Bedoin, 2017).

Un déséquilibre du traitement global ou local peut expliquer les difficultés à coder la position des lettres et à élaborer le lexique orthographique nécessaire à l'adressage (Bedoin et al., 2016). Certains enfants dyslexiques ne tiennent pas compte de la configuration du mot et ne parviennent pas à inhiber les détails et/ou présentent une analyse globale qui n'est pas suffisamment spontanée (Bedoin, 2010). On observera alors des inversions ou des substitutions de lettres au sein du mot. L'objectif est de rétablir un meilleur équilibre entre l'analyse globale et locale afin d'utiliser davantage la voie d'adressage et ainsi enrichir le lexique orthographique dans le but d'avoir une lecture plus efficiente (Bedoin, 2017).

Un autre déficit visuo-attentionnel appelé effet de crowding est présent chez certains dyslexiques. C'est l'objet de notre mémoire et nous allons le décrire plus en détails dans la partie suivante.

### **3. L'EFFET DE CROWDING**

L'effet de crowding, aussi appelé effet d'encombrement visuel ou de masquage latéral, correspond à une altération de la reconnaissance de la cible centrale à cause de l'effet négatif des éléments l'entourant (Spinelli et al., 2002). Un objet est plus difficile à identifier lorsqu'il est entouré d'autres objets plutôt que s'il est présenté de manière isolée (Pelli et al., 2007; Pelli, 2008; Whitney & Levi, 2011).

#### **3.1. L'effet de crowding en lecture**

L'encombrement visuel est un phénomène qui affecte le traitement des objets mais également des lettres ce qui, par conséquent rend la lecture difficile (Bouma & Legein, 1977; Martelli et al., 2009; Spinelli et al., 2002). La perception d'une lettre est affectée quand d'autres lettres sont proches. Cela est dû au masquage latéral entre les lettres voisines (Bouma et al., 1970). Le stimulus central serait alors brouillé par les distracteurs en vision parafovéale, ce qui provoquerait cet effet de masquage entre les lettres (Chung et al., 2007) et entre les mots (Martelli et al., 2009; Spinelli et al., 2002). Cet effet peut donc ralentir la vitesse de lecture mais aussi provoquer des erreurs de lecture (Zorzi et al., 2012).

#### **3.2. L'effet de crowding chez les lecteurs dyslexiques**

De nouvelles théories suggèrent que des déficits en traitement visuel peuvent conduire à une dyslexie (Gori & Facoetti, 2015). L'encombrement visuel excessif en fait partie (Ramus, 2010). Plusieurs études (Atkinson, 1993; Bouma & Legein, 1977; Zorzi et al., 2012) ont alors démontré que les sujets déficients en lecture sont plus vulnérables à l'effet d'encombrement visuel excessif lié à la proximité des autres lettres. Cependant, tous les enfants dyslexiques ne sont pas touchés par cet effet. Joo et al. (2018) ont constaté que l'augmentation de l'espacement permettait de réduire l'effet d'encombrement visuel uniquement pour un sous-groupe de dyslexiques qui présentaient un encombrement élevé (Joo et al., 2018). Environ un tiers des enfants dyslexiques italiens seraient concernés par cet effet (Spinelli et al., 2002).

D'autres études ont signalé des déficits liés à l'effet de crowding chez les dyslexiques (Hawelka & Wimmer, 2005; Martelli et al., 2009; Spinelli et al., 2002).

L'effet d'encombrement visuel pourrait même être un facteur contribuant à la genèse de la dyslexie (Spinelli et al., 2002).

Cet effet pourrait être expliqué par un système d'orientation de l'attention et un flux magnocellulaire dorsal (Perea et al., 2012; Zorzi et al., 2012) qui sont altérés chez les dyslexiques (Gori & Facoetti, 2015).

### **3.3.Espacer les caractères pour réduire l'effet de crowding**

L'augmentation de l'espacement entraîne une réduction du crowding et améliore les performances de certaines enfants dyslexiques (Legge & Bigelow, 2011; O'Brien et al., 2005; Pelli et al., 2004; Pelli et al., 2007; Perea et al., 2012; Spinelli et al., 2002; Zorzi et al., 2012). Ils lisent plus rapidement les textes et font significativement moins d'erreurs quand l'espacement est augmenté, peu importe la transparence de la langue (Duranovic et al., 2018). Cela améliore ainsi leur compréhension en lecture (Perea et al., 2012). Cette amélioration significative des performances en lecture est présente chez une partie des enfants ayant une dyslexie développementale mais n'est pas constatée chez les lecteurs contrôles (Zorzi et al., 2012).

Selon d'autres auteurs, aucune amélioration au niveau de la vitesse de lecture n'a été constatée chez les dyslexiques (Dotan & Katzir, 2018). Ils ont toutefois relevé que l'augmentation de l'espacement entre les lettres, en particulier pour les mots longs, avait des effets positifs sur la précision des lecteurs débutants et des lecteurs en difficulté.

### **3.4.Conséquences de l'espacement sur l'empan visuel**

Augmenter l'espacement entre les lettres étend la place que prend un mot dans la vision périphérique. Pour les mots les plus longs, moins de lettres seront reconnaissables lors d'une saccade oculaire, certaines d'elles se situant alors hors du champ visuel. Le temps de lecture sera alors augmenté. (Yu et al., 2007).

Il est donc nécessaire de trouver l'espacement idéal pour augmenter la reconnaissance des lettres en limitant l'effet de masquage tout en faisant en sorte que suffisamment de caractères puissent être reconnus en une saccade oculaire.

L'effet bénéfique d'un espacement accru entre les lettres lors de la lecture peut donc être mieux expliqué par la diminution de l'encombrement visuel plutôt que par un meilleur ciblage de la saccade (Bellocchi, 2018).



# PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

## 1. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS

Augmenter l'espacement entre les caractères peut améliorer la lecture d'environ un tiers des personnes dyslexiques (Spinelli et al., 2002) mais il n'existe pas à ce jour de test orthophonique permettant d'évaluer l'effet de crowding.

Le test créé permet-il de montrer une amélioration des performances en lecture chez certains enfants ayant un TSLE lorsque l'espacement des caractères est augmenté ?

Les objectifs de notre travail sont : (1) d'élaborer deux pseudo-textes équivalents grâce à la base de données Manulex-infra, (2) de vérifier leur équivalence en analysant les données de fréquence, longueur et consistance orthographique des mots sélectionnés, (3) de comparer les performances de lecture des enfants tout-venant de CE1 sur ces deux pseudo-textes, (4) d'augmenter l'espacement des caractères de l'un des pseudo-textes, (5) d'étudier les performances d'enfants de CE1 tout-venant et d'enfants dyslexiques à la lecture de ces deux pseudo-textes.

## 2. HYPOTHESES

Cette étude a pour objet de vérifier les hypothèses suivantes :

**Hypothèse générale n°1 :** Le pseudo-texte A et le pseudo-texte B sont équivalents.

*Hypothèses opérationnelles :*

Il n'existe pas de différence significative entre les deux pseudo-textes pour :

- La longueur des mots
- la fréquence d'usage des mots
- la consistance grapho-phonémique des mots.

Pour les deux pseudo-textes, les enfants tout-venant scolarisés en CE1:

- lisent autant de mots au total
- font autant d'erreurs
- lisent autant de mots corrects.

**Hypothèse générale n°2 :** L'ordre de présentation des deux pseudo-textes n'a pas d'influence sur les performances en lecture des enfants tout-venant de CE1.

*Hypothèses opérationnelles :*

- Il n'y a pas de différence significative sur le nombre de mots lus correctement si le pseudo-texte A est lu en premier.
- Il n'y a pas de différence significative sur le nombre de mots lus correctement si le pseudo-texte B est lu en premier.

**Hypothèse générale n°3 :** L'espacement d'un pseudo-texte n'a pas de conséquence sur les performances en lecture des enfants tout-venant.

*Hypothèse opérationnelle :*

- Les enfants tout-venant lisent autant de mots corrects lors de la lecture du pseudo-texte A que lors de celle du pseudo-texte B espacé.

**Hypothèse générale n°4 :** La lecture est facilitée chez certains enfants dyslexiques lorsque l'on augmente l'espacement du pseudo-texte.

*Hypothèses opérationnelles :*

- Le nombre de mots lus correctement en trois minutes est supérieur lors de la lecture du pseudo-texte B espacé que lors de celle du pseudo-texte A chez certains enfants dyslexiques.
- Tous les enfants dyslexiques ne sont pas concernés par cet effet.

**Hypothèse générale n°5 :** Il existe une corrélation positive entre les performances en lecture à l'épreuve de La Belette et les pseudo-textes chez les enfants tout-venant et dyslexiques.

- Il existe une corrélation positive significative entre La Belette et le pseudo-texte A.
- Il existe une corrélation positive significative entre La Belette et le pseudo-texte B espacé.

# METHODOLOGIE

## **PARTIE 1 : CRÉATION DE PSEUDO-TEXTES ÉQUIVALENTS**

### **1. CRÉATION DES PSEUDO-TEXTES**

Pour évaluer l'effet d'encombrement visuel, nous avons besoin de faire lire deux textes différenciés uniquement par l'espacement entre les caractères. Cependant, nous ne pouvions pas utiliser le même texte en modifiant l'espacement car il y aurait pu y avoir un effet d'apprentissage constituant alors un biais dans notre étude. Nous avons donc décidé de créer deux pseudo-textes équivalents appariés en termes de longueur, de fréquence et de consistance orthographique des mots, et ayant la même structure syntaxique. Nous parlons de pseudo-textes et non de textes car ils sont constitués de phrases juxtaposées, n'ayant pas de lien les unes avec les autres, mais toutefois disposées sous la forme d'un texte.

#### **1.1.Manulex-infra**

Manulex-infra est une base de données générée à partir de livres scolaires utilisés par les enfants de l'école élémentaire (Lété et al., 2004). Elle regroupe 45 080 entrées lexicales pour l'ensemble des niveaux réunis. Manulex-infra complète la base de données Manulex en apportant des informations supplémentaires concernant les caractéristiques infra-lexicales des mots, notamment sur les relations graphème-phonème.

Les caractéristiques des mots varient en fonction du niveau sélectionné (CP, CE1, CE2-CM2) dans la base de données. C'est le cas notamment pour la fréquence des mots et la consistance des relations graphème-phonème.

Nous avons choisi d'utiliser la base de données Manulex-infra pour la création des deux pseudo-textes afin de pouvoir contrôler les caractéristiques des mots les composant dans le but que les deux pseudo-textes soient équivalents.

#### **1.2.Choix des variables**

La variable que nous voulons étudier dans ce mémoire est l'espacement des caractères. Nous avons donc choisi de prendre uniquement des items courts, fréquents, simples et réguliers dans nos deux pseudo-textes afin de ne pas ajouter de difficulté

supplémentaire. Nous avons donc contrôlé la longueur des mots, leur fréquence, leur régularité et leur complexité orthographique. En sélectionnant ces critères, nous avons obtenu une liste de mots pouvant être utilisés dans la création de nos pseudo-textes (cf. annexe 6, p.81).

### 1.2.1. Fréquence d'usage des mots

Dans Manulex-infra, la fréquence d'usage des mots « par token » correspond à la fréquence estimée pour un million de mots relevés dans les manuels scolaires correspondant à la classe sélectionnée. Nous avons choisi le niveau CE1 afin d'obtenir des mots fréquemment rencontrés par les enfants.

Nous avons sélectionné les mots ayant une valeur supérieure au quartile 3, donc supérieure à 8,02. Nous voulions au départ prendre une valeur de fréquence plus élevée pour avoir des mots encore plus fréquents, mais cela limitait de façon trop importante le nombre de mots disponibles pour la création des deux pseudo-textes.

### 1.2.2. Longueur des mots

Nous avons sélectionné des mots ayant un nombre de lettres inférieur ou égal à 8, en lien avec l'empan visuel. En effet, si les mots sont trop longs, le nombre de caractères pouvant être reconnus en une saccade oculaire sera moins important, et d'autant plus lorsque l'espacement sera augmenté (Yu et al., 2007). Les effets bénéfiques possibles de l'augmentation de l'espacement des caractères pourraient être annulés pour les items trop longs.

### 1.2.3. Consistance des relations grapho-phonologiques

La consistance grapho-phonologique est égale à la fréquence avec laquelle une association graphème-phonème apparaît divisée par la fréquence totale du graphème quelle que soit sa prononciation. Cette valeur est ensuite multipliée par 100 afin de ramener la valeur en pourcentage. Un graphème ayant plusieurs prononciations aura une consistance moins élevée qu'un graphème se prononçant toujours de la même manière. Les valeurs de consistance grapho-phonologique prennent en compte la position sérielle

des unités graphémiques dans le mot, car la consistance peut varier en fonction de la position initiale, centrale ou finale des unités dans le mot.

Nous avons sélectionné dans Manulex-infra une consistance grapho-phonémique moyenne, portant sur la totalité du mot (COGPT) supérieure à 74.89, correspondant au quartile 1 afin d'éliminer les mots irréguliers mais conserver tout de même un nombre de mots suffisants pour la création des corpus. Dans la mesure du possible, nous avons respecté moins de 10% de différence entre la consistance des deux mots appariés.

#### 1.2.4. Nombre de mots pour chaque texte

Une fois les listes de mots obtenues suite à l'administration de nos critères, nous avons commencé la création de phrases équivalentes composant nos pseudo-textes. Pour cela, nous avons fait correspondre chaque mot de chaque phrase suivant les critères précédemment cités.

Les deux pseudo-textes créés doivent être composés de phrases courtes et simples, n'ayant pas de lien entre elles afin d'empêcher l'utilisation d'indices contextuels (Zorzi et al., 2012). Ces phrases sont présentées sous forme d'un texte.

Nous avons créé les deux pseudo-textes en faisant en sorte qu'ils puissent être proposés du CE1 jusqu'en CM2. Pour cela, le nombre de mots les composant devait être assez important afin que les enfants en classe de CM2 n'arrivent pas à la fin avant les trois minutes de lecture. Nous nous sommes appuyées sur l'étalonnage du texte de Monsieur Petit (Lequette, Pouget, et Zorman, 2008) pour lequel le percentile 90 correspond à 177 mots/minute pour le CM2, soit 531 mots pour trois minutes. Nos deux pseudo-textes sont composés chacun de 552 mots répartis en 90 phrases.

### **1.3. Caractéristiques des pseudo-textes A et B**

Les 90 phrases de nos pseudo-textes comportent des verbes, des pronoms, des prépositions, des noms, des déterminants, des conjonctions, des adverbes et des adjectifs répartis comme suit (cf. également annexe 7, p.82).

	VER	PRO	PREP	NOM	DET	CONJ	ADV	ADJ
<b>Pseudo-texte A</b>	128	47	40	132	126	10	30	39
<b>Pseudo-texte B</b>	128	46	43	131	124	8	31	41

*Tableau 1 : Répartition des classes grammaticales au sein de chaque pseudo-texte*

## 2. POPULATION

### 2.1. Le recrutement

Pour tester l'équivalence de nos pseudo-textes, nous avons décidé de les faire lire à des enfants de CE1 car c'est la population que nous avons ciblée dans notre mémoire. Nous avons contacté les écoles de Sandillon (Loiret, 45) et de Tart-le-Haut (Côte-d'Or, 21). Nous avons obtenu l'accord de l'Inspecteur de l'Education nationale et/ou des écoles pour la réalisation des passations. Nous avons donc rencontré les directrices et enseignantes afin de leur expliquer notre projet et leur remettre les formulaires d'information et de consentement à transmettre aux parents. Nous avons effectué les passations au mois d'octobre 2019 dans ces deux classes de CE1. Nous avons au préalable déclaré notre étude auprès de la CNIL afin de protéger ces données.

### 2.2. Présentation de la population

La classe de CE1 de Sandillon comportait 21 enfants ayant donné leur autorisation tandis que celle de CE1 de Tart-le-Haut comptait 22 enfants. Nous avons dû exclure quatre enfants pour lesquels les résultats n'étaient pas interprétables (enfants interrompant la lecture pour nous questionner, enfants inintelligibles ou ayant lu deux fois une même ligne). Certains enfants avaient bénéficié d'un suivi orthophonique pour un trouble d'articulation ou de l'oralité mais tous les suivis étaient terminés. Les troubles visuels étaient de nature astigmatie, myopie ou hypermétropie, tous corrigés.

Le tableau ci-dessous présente les données de la population retenue.



	Ecole de Sandillon	Ecole de Tart-le-Haut
Nombre d'enfants exclus	3	1
Effectif total retenu	18	21
Ratio filles/garçons	10/8	13/8
Age moyen en mois	87,27	87,43
Age min – Age max	± [80-98]	± [82-94]
Trouble visuel	5	6
Suivi orthophonique	3	6

*Tableau 2 : Données démographiques des enfants ayant participé à l'équivalence des pseudo-textes*

### 3. MÉTHODE

#### 3.1. Organisation et lieux de passation

Nous avons réalisé les passations à Sandillon les 4 et 11 octobre 2019 et à Tart-le-Haut les 17 et 18 octobre 2019. Chaque passation était individuelle et réalisée dans une salle séparée du groupe classe. Les enfants ne lisaient pas les deux pseudo-textes à la suite afin de limiter l'effet de fatigabilité qui aurait pu avoir des conséquences sur leurs performances en lecture. La passation complète durait un peu moins de dix minutes par enfant.

#### 3.2. Présentation d'une passation

Pour chaque classe, la moitié de l'effectif prise au hasard a d'abord lu le pseudo-texte A puis le pseudo-texte B et inversement pour la seconde moitié. Ainsi, la variation de l'ordre de présentation nous permettait de vérifier que la fatigabilité lors de la lecture du second texte ne constitue pas un biais.

La consigne suivante était donnée à l'enfant : « Tu vas lire à haute voix ce texte du mieux que tu peux. Les phrases n'ont pas de lien entre elles, il n'y a rien à comprendre. Je t'arrêterai au bout de trois minutes. »

À chaque mot lu erroné, nous barrons ce mot et nous notons la production de l'enfant en dessous. Au bout de trois minutes, nous notons où l'enfant s'est arrêté. La ligne entière est barrée si elle a été sautée par l'enfant.

Pour calculer le nombre de mots lus correctement par l'enfant, nous partons du mot où l'enfant s'est arrêté puis nous déduisons les mots lus avec des erreurs et les mots qu'il a omis (notamment s'il a sauté une ligne). Nous utiliserons le nombre de mots lus correctement, le nombre total de mots lus et le nombre d'erreurs pour l'analyse des données.

### **3.3. Analyse des données**

Les données concernant d'une part la construction des pseudo-textes et d'autre part les passations auprès des enfants tout-venant ont ensuite été recueillies au sein d'un fichier Excel©.

#### **3.3.1. Données concernant la construction des pseudo-textes**

Nous avons tout d'abord réalisé les statistiques avec les données concernant les caractéristiques psycholinguistiques de chacun de nos pseudo-textes : longueur, fréquence et consistance grapho-phonologique des mots (cf. annexe 8, p.82). Ces données ne suivant pas une loi normale, nous avons effectué des statistiques non paramétriques.

Nous avons alors utilisé le test U de Wilcoxon-Mann-Whitney pour la longueur des mots et la fréquence afin de comparer les médianes. Pour la consistance graphème-phonème, nous avons utilisé le test Z de comparaison de deux proportions indépendantes.

Nous avons comparé chaque paragraphe du pseudo-texte A avec chaque paragraphe du pseudo-texte B correspondant, et ce pour la longueur des mots, la fréquence et la consistance graphème-phonème.

#### **3.3.2. Données concernant les passations**

Nous avons ensuite réalisé des statistiques pour tester l'équivalence des deux pseudo-textes après les avoir proposés à des enfants tout-venant de CE1. Nous avons d'abord vérifié la normalité de la distribution grâce au test de Lilliefors. Nous avons réalisé des statistiques paramétriques avec un test de comparaison de moyennes, le test T pairé de Student, pour le nombre de mots lus au total et le nombre de mots lus correctement. Nous avons réalisé des statistiques non paramétriques pour le nombre

d'erreurs dans chacun des pseudo-textes. Pour cela, nous avons effectué un test de comparaison de médianes avec le test de rang signé de Wilcoxon.

Afin de savoir si l'ordre de présentation des pseudo-textes présentait un effet, nous avons d'abord vérifié la normalité de la distribution et l'égalité des variances. Nous avons ensuite utilisé une ANOVA à deux voies en mesures répétées ayant pour facteurs l'ordre de présentation et le pseudo-texte.

## PARTIE 2 : EVALUATION DE L'EFFET D'ENCOMBREMENT VISUEL

### 1. POPULATION

#### 1.1. Recrutement

##### 1.1.1. Méthodologie du recrutement

Nous avons choisi de constituer notre population avec des enfants tout-venant scolarisés en CE1 afin de pouvoir les comparer à des enfants dyslexiques du même niveau. Nous avons contacté une dizaine d'écoles à Amiens pour recruter cette population. Les écoles de Saint-Roch A, Saint-Roch B et André Bernard étaient volontaires, et l'Inspectrice de l'Education Nationale nous a donné son autorisation. La deuxième classe de CE1 de l'école de Sandillon a également participé. Nous avons rencontré les enseignants et directeurs des écoles pour leur présenter notre projet et leur remettre les autorisations parentales comportant des informations à remplir (cf. annexe 9, p. 83).

Au cours d'une formation en langage écrit, 56 orthophonistes volontaires pour participer à notre étude ont laissé leurs coordonnées. Nous les avons ensuite contacté.e.s pour leur donner nos critères de recrutement de la population. Quelques passations ont également été réalisées au cours de nos stages. Nous avons finalement pu récolter les données de 26 patients, de 10 orthophonistes différent.e.s.

##### 1.1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion

Le tableau ci-dessous présente les critères de notre population.

Critères d'inclusion		Critères d'exclusion	
Enfants tout-venant	Enfants dyslexiques	Enfants tout-venant	Enfants dyslexiques
- Etre scolarisé en CE1	- Etre scolarisé entre le CE1 et le CM2 - Diagnostic de TSLE	- Un score inférieur au centile 8 à l'épreuve préliminaire de La Belette	- Critères d'exclusion du DSM-5 pour poser un diagnostic de TSLE

*Tableau 3 : Critères d'inclusion et d'exclusion de notre population*

## 1.2. Présentation de la population

Nous avons fait passer le test de La Belette et les deux pseudo-textes à 64 enfants en CE1. Nous avons dû exclure de notre étude huit enfants dont les résultats à La Belette étaient en deçà du centile 8, correspondant à des performances déficitaires. Nous avons également exclu un enfant qui était absent lors de la lecture du deuxième pseudo-texte. Nous avons finalement une population composée de 55 enfants tout-venant en CE1.

Le tableau ci-dessous présente les données démographiques de la population d'enfants tout-venant scolarisés en CE1 retenue. Les troubles visuels incluent des troubles de type myopie, hypermétropie et astigmatie.

	<b>Ecole Sandillon</b>	<b>Ecole Saint-Roch A</b>	<b>Ecole Saint-Roch B</b>	<b>Ecole André Bernard</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre d'enfants exclus</b>	1	0	2	6	9
<b>Effectif total retenu</b>	22	9	7	17	55
<b>Ratio filles/garçons</b>	11/11	3/6	4/3	9/8	27/28
<b>Age moyen</b>	90,23	91,78	90	90,82	90,71
<b>Age min – Age max</b>	± [79-96]	± [86-97]	± [87-94]	± [86-97]	± [79-97]
<b>Trouble visuel</b>	8	2	3	6	19
<b>Suivi orthophonique</b>	2	1	1	2	6
<b>TDAH</b>	0	1	0	0	1

*Tableau 4 : Données démographiques des enfants tout-venant en CE1*

Puis, les orthophonistes volontaires nous ont renvoyé les passations de leurs patients afin de constituer notre population d'enfants dyslexiques. Notre population est constituée de 14 patients dyslexiques scolarisés en CE1, 5 en CE2, 2 en CM1 et 5 en CM2.

Le tableau ci-dessous expose les données démographiques de la population d'enfants dyslexiques retenue. Les troubles visuels incluent des troubles de type myopie, hypermétropie et astigmatie.

	CE1	CE2	CM1	CM2	Total
<b>Effectif total</b>	14	5	2	5	26
<b>Ratio filles/garçons</b>	9/5	3/2	2/0	0/5	14/12
<b>Age moyen</b>	93,64	102,6	129	130,2	113,86
<b>Age min – Age max</b>	± [86-104]	± [99-107]	± [128-130]	± [123-138]	± [86-138]
<b>Trouble visuel</b>	8	5	0	0	13
<b>TDAH</b>	2	0	0	0	2

*Tableau 5 : Données démographiques des enfants dyslexiques*

## 2. MATÉRIEL

### 2.1. Épreuve préliminaire La Belette

La Belette est une épreuve de leximétrie issue du mémoire de Sarah Vidal et Solenne Gauthier (Gauthier, Vidal, Lesecq et Médina, 2016) (cf. annexe 10, p.84). La consigne énoncée à l'enfant est la suivante : « Tu vas devoir lire les phrases du mieux que tu peux jusqu'à ce que je te dise STOP. Si tu as fini la page, tu tournes et prends la suivante. ». Les phrases n'ont pas de lien sémantique entre elles et sont de longueur et de difficulté croissante. La police est Times New Roman, taille 14 avec un interligne de 1,5. Cette épreuve nous a permis d'évaluer le niveau de lecture des enfants avant de leur faire lire nos pseudo-textes.

### 2.2. Pseudo-textes

Nous avons utilisé nos pseudo-textes créés selon la méthodologie décrite ci-dessus. Nous avons décidé arbitrairement d'augmenter l'espacement du pseudo-texte B et de conserver l'espacement standard du pseudo-texte A. Pour les deux pseudo-textes, la police Times New Roman a été utilisée ainsi que la taille 14, à l'instar d'autres études

(Bertoni et al., 2019; Hakvoort et al., 2017; Perea et al., 2012; Zorzi et al., 2012). Nous avons choisi un interligne de 1,5 pour les deux pseudo-textes puisqu'il a été montré que c'était l'espacement entre les lettres qui permettait d'améliorer les performances en lecture, et non celui entre les lignes (Zorzi et al., 2012).

Pour le pseudo-texte B, l'espacement standard entre les caractères a été augmenté de 2,5 points (Hakvoort et al., 2017; Zorzi et al., 2012) (cf. annexe 11, p.85).

### **3. MÉTHODE**

#### **3.1. Organisation et lieux de passation**

Nous avons réalisé les passations dans les écoles de Saint-Roch A, Saint-Roch B et André Bernard situées à Amiens (Somme, 80), ainsi que dans l'école de Sandillon (Loiret, 45) durant les mois de janvier et février 2020.

Chaque passation était individuelle et durait entre 10 et 15 minutes par sujet, fractionnée en trois fois pour ne pas faire lire les trois textes à la suite et éviter ainsi la fatigabilité.

Les orthophonistes ont réalisé les passations durant les mois de février et mars 2020. Nous avons également fait passer notre protocole à quelques enfants durant nos stages durant cette même période.

#### **3.2. Présentation d'une passation**

##### **3.2.1. Le cahier de passation**

Chaque sujet possède un cahier de passation réunissant les épreuves de la Belette et des pseudo-textes A et B, dans lequel sont relevés : son nom, son prénom, sa date de naissance, son niveau scolaire, la date de passation, le nom de l'examineur, une éventuelle prise en charge orthographique (diagnostic pour les enfants dyslexiques) et les scores aux différentes épreuves.

### 3.2.2. Déroulement d'une passation

Chaque passation débutait avec un entretien avec l'enfant afin de lui expliquer en quoi consistaient les épreuves et récupérer son autorisation parentale.

L'épreuve de La Belette était administrée en premier afin d'évaluer le niveau de lecture des enfants. Puis les pseudo-textes A et B étaient administrés selon un ordre randomisé afin d'éviter que la fatigue n'impacte la lecture du dernier texte. De plus, chaque lecture était espacée d'au minimum quinze minutes.

Pour la lecture de La Belette et des deux pseudo-textes, nous calculons le nombre de mots lus correctement par l'enfant en déduisant les mots omis ou lus avec des erreurs.

### 3.3. Correction des épreuves

Chacune d'entre nous a corrigé les épreuves qu'elle a fait passer aux enfants. De plus, comme nous avons pu enregistrer les passations de la majorité des enfants tout-venant, nous les avons ensuite fait coter à d'autres personnes afin de mesurer la fidélité inter-juges. Pour cela, nous avons demandé à des étudiantes en orthophonie volontaires de coter les enregistrements audios de dix pseudo-textes sélectionnés au hasard. Cinq étudiantes se sont portées volontaires pour coter cinq enregistrements de la lecture du pseudo-texte A et cinq enregistrements de la lecture du pseudo-texte B espacé.

### 3.4. Analyse des données

Pour l'analyse des données, nous avons d'abord vérifié la normalité de la distribution des résultats des enfants tout-venant de CE1 et des enfants dyslexiques. Pour ce faire, nous avons utilisé le test de Lilliefors. Nous avons ensuite pu réaliser des statistiques paramétriques. Nous avons utilisé un test de comparaison de moyennes, le test T païré de Student, afin de savoir si un pseudo-texte était mieux lu que l'autre.

Pour chaque enfant dyslexique en CE1, nous avons comparé ses performances aux deux pseudo-textes avec celles des enfants tout-venant du même niveau scolaire. Pour ce faire, nous avons calculé leurs scores Z. Cela nous a permis de voir si les performances en lecture étaient améliorées chez certains enfants dyslexiques lorsque l'espacement est augmenté par rapport aux enfants tout-venant.



Pour analyser les corrélations entre les résultats de l'épreuve La Belette et ceux des deux pseudo-textes, nous avons d'abord étudié la normalité de la distribution. Les données ne suivant pas une loi normale, nous avons effectué le test de corrélation de Spearman.

Afin d'étudier la fidélité inter-juges, nous avons comparé les cotations des différents examinateurs. Pour cela, nous avons d'abord vérifié la normalité de la distribution et l'égalité des variances. Puis, nous avons utilisé une ANOVA à une voie en mesures répétées ayant comme facteur l'examineur.

Les analyses statistiques ont été effectuées grâce aux logiciels Gnumeric et SigmaPlot. Les valeurs de  $p < 0,05$  sont considérées comme significatives. Les valeurs dans les graphiques et les tableaux sont simplifiées ainsi : \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$  et \*\*\* =  $p < 0,001$ .

# RESULTATS

## 1. EQUIVALENCE DES PSEUDO-TEXTES

### 1.1. Analyse des caractéristiques des deux pseudo-textes

Il n'existe pas de différence significative de la longueur des mots entre le pseudo-texte A et le pseudo-texte B ( $p=0,95$ ). Nous n'observons pas non plus de différence significative de la fréquence des mots ( $p=0,74$ ) et de la consistance orthographique des mots ( $p=0,94$ ) entre les deux pseudo-textes.

De même, comme nous l'indique le tableau ci-dessous, chaque paragraphe du pseudo-texte A est équivalent à celui du pseudo-texte B correspondant pour chacune des caractéristiques car il n'existe pas de différence significative.

	Longueur des mots	Fréquence des mots	Consistance orthographique des mots
Paragraphe 1	$p=0,81$	$p=0,88$	$p=0,93$
Paragraphe 2	$p=0,98$	$p=0,90$	$p=1$
Paragraphe 3	$p=0,93$	$p=0,65$	$p=0,79$
Paragraphe 4	$p=0,79$	$p=0,93$	$p=0,98$
Paragraphe 5	$p=0,85$	$p=0,87$	$p=0,98$

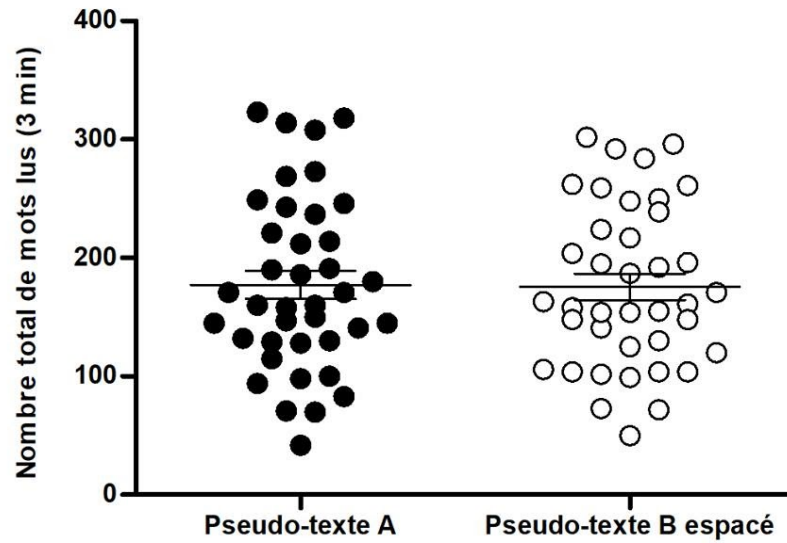
*Tableau 6 : Equivalence de chaque paragraphe des pseudo-textes A et B*

### 1.2. Analyse des résultats après passations auprès d'enfants tout-venant

#### 1.2.1. Comparaison des résultats aux deux pseudo-textes

##### 1.2.1.1. Nombre total de mots lus

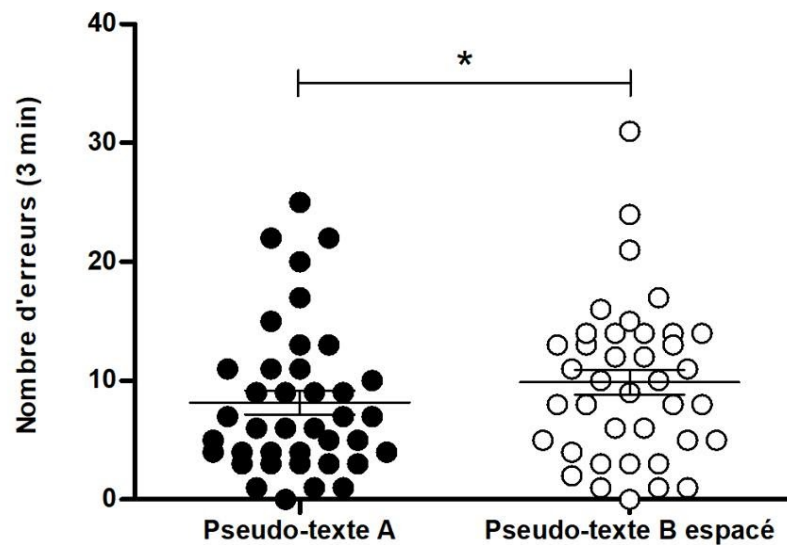
Il n'existe pas de différence significative concernant le nombre de mots lus au total par les élèves de CE1 pour chacun des pseudo-textes ( $p=0,539$ ). La moyenne de mots lus en 3 minutes est de 177,3 mots pour le pseudo-texte A et il est de 175,6 pour le pseudo-texte B. Le graphique ci-dessous illustre les résultats des enfants de CE1 concernant le nombre total de mots lus.



*Graphique 1 : Nombre total de mots lus en 3 minutes pour chacun des pseudo-textes*

#### 1.2.1.2. Nombre d'erreurs

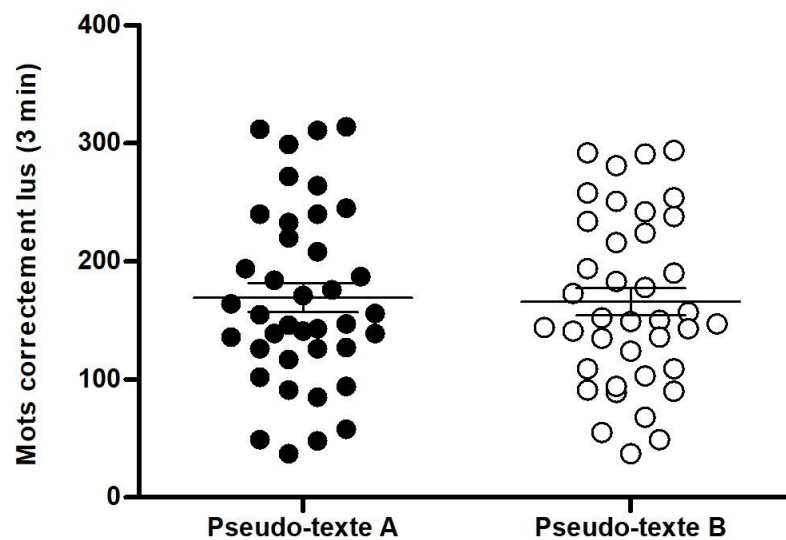
Il existe une différence significative pour le nombre d'erreurs effectuées pour chacun des pseudo-textes ( $p=0,025$ ). La médiane est de 6 erreurs pour le pseudo-texte A et de 10 erreurs pour le pseudo-texte B. Le graphique ci-dessous illustre le nombre d'erreurs réalisées pour chacun des pseudo-textes par les enfants de CE1.



*Graphique 2 : Nombre d'erreurs en 3 minutes pour chacun des pseudo-textes*

### 1.2.1.3. Nombre de mots correctement lus

Il n'existe pas de différence significative concernant le nombre de mots lus correctement par les élèves de CE1 pour chacun des pseudo-textes ( $p=0,2025$ ). La moyenne de mots lus correctement en 3 minutes est de 169,1 mots pour le pseudo-texte A et il est de 165,8 pour le pseudo-texte B. Le graphique ci-dessous illustre les résultats des enfants de CE1 concernant le nombre de mots correctement lus.



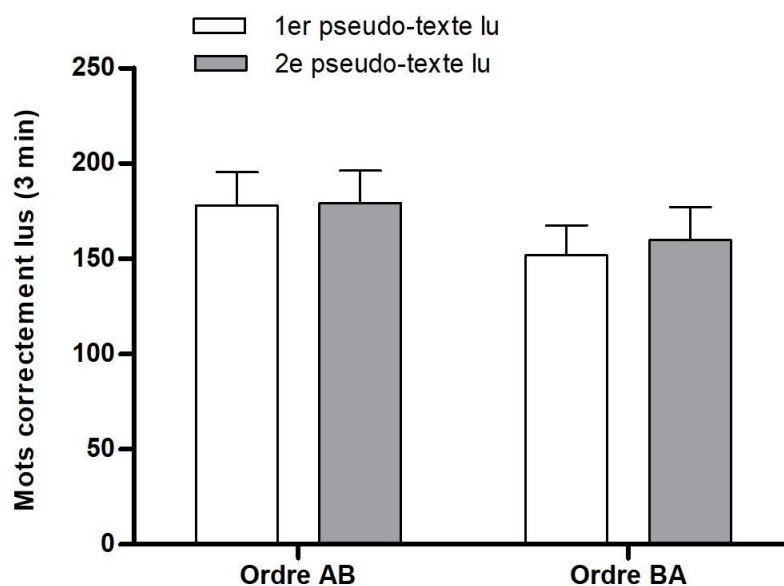
Graphique 3 : Nombre de mots correctement lus pour chacun des pseudo-textes

Pour la deuxième partie du mémoire dans laquelle l'un des pseudo-textes est espacé, nous avons choisi d'analyser le nombre de mots correctement lus. Cette mesure globale prend en compte à la fois la vitesse et la précision de la lecture puisque les erreurs sont déduites du nombre total de mots lus. Il nous a été possible de comparer cette mesure entre le pseudo-texte A et le pseudo-texte B espacé puisque les deux pseudo-textes sont équivalents concernant le nombre de mots correctement lus. Cela signifie que si un effet est observé, cela sera directement lié à l'augmentation de l'espacement.

### 1.2.2. Effet de l'ordre de présentation des deux pseudo-textes

L'ANOVA à deux voies à mesures répétées ne montre pas de différence significative de l'ordre de présentation ( $F(1,37)=0,931$ ,  $p=0,341$ ). Il existe un effet marginal du pseudo-texte ( $F(1,37)=3,557$ ,  $p=0,067$ ). Aucune différence significative

d'interaction entre l'ordre de présentation et le pseudo-texte n'est à noter ( $F(1,37)=1,926, p=0,174$ ).



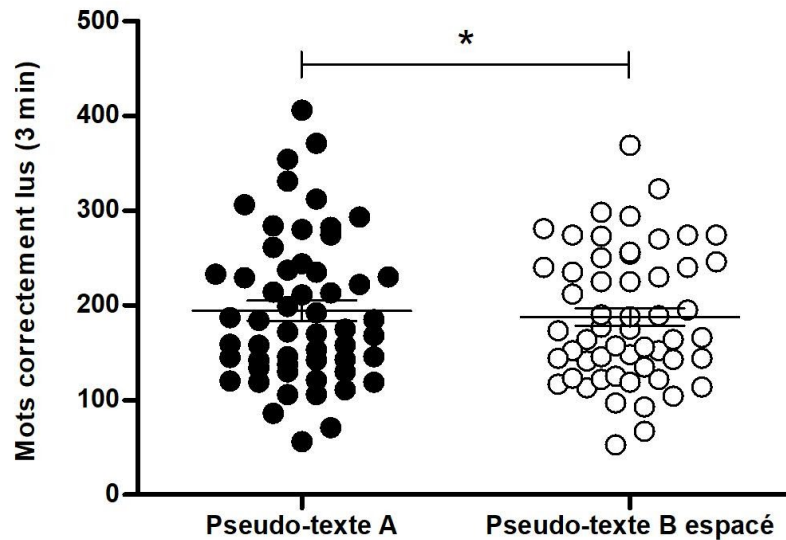
*Graphique 4 : Nombre de mots correctement lus selon l'ordre de présentation des pseudo-textes*

## 2. EFFET DE L'AUGMENTATION DE L'ESPACEMENT DES CARACTÈRES

### 2.1. Analyse des résultats chez les enfants tout-venant

#### 2.1.1. Enfants ayant des résultats dans la norme à La Belette

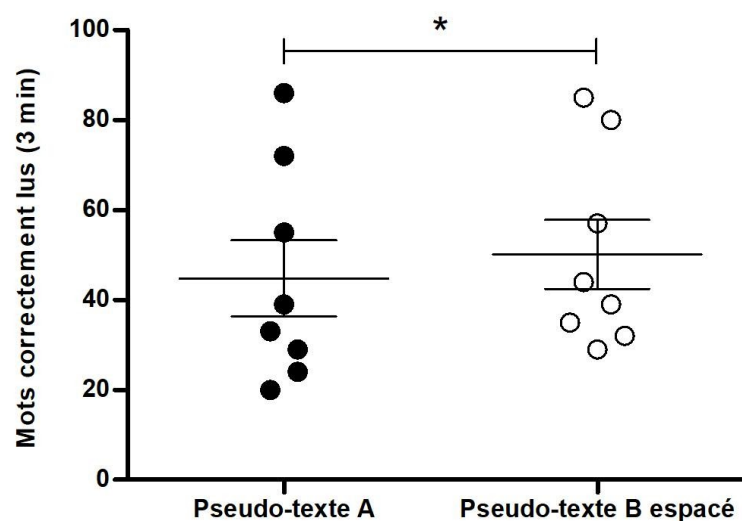
Il existe une différence significative concernant le nombre de mots lus correctement par les élèves de CE1 pour chacun des pseudo-textes ( $p=0,011$ ). La moyenne de mots lus correctement en 3 minutes est de 194,4 mots pour le pseudo-texte A et il est de 187,8 mots pour le pseudo-texte B espacé. Le graphique ci-dessous illustre les résultats des enfants de CE1 pour la lecture des deux pseudo-textes.



*Graphique 5 : Nombre de mots lus correctement par les enfants tout-venant en CE1*

### 2.1.2. Enfants ayant des résultats déficitaires à La Belette

Il existe une différence significative concernant le nombre de mots lus correctement aux deux pseudo-textes par les élèves de CE1 ayant des performances inférieures au centile 8 à La Belette ( $p=0,0176$ ). La moyenne de mots lus correctement en 3 minutes est de 44,7 mots pour le pseudo-texte A et elle est de 50,1 mots pour le pseudo-texte B espacé. Le graphique ci-dessous illustre les résultats de ces enfants pour la lecture les deux pseudo-textes.

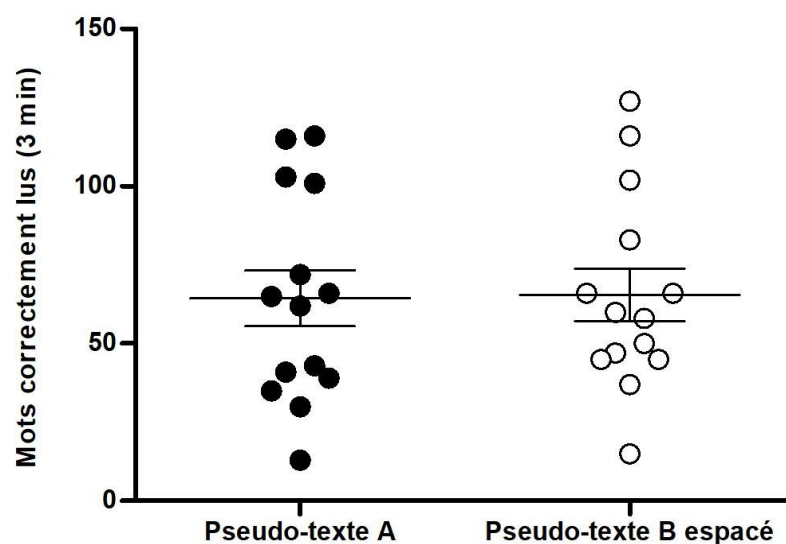


*Graphique 6 : Nombre de mots lus correctement par les enfants en CE1 ayant des performances inférieures au centile 8 à La Belette*

## 2.2. Analyse des résultats chez les enfants dyslexiques

### 2.2.1. Résultats des enfants dyslexiques en CE1

Il n'existe pas de différence significative concernant le nombre de mots lus correctement par les élèves dyslexiques de CE1 pour chacun des pseudo-textes ( $p=0,71$ ). La moyenne de mots lus correctement en 3 minutes est de 64,4 mots pour le pseudo-texte A et de 65,5 mots pour le pseudo-texte B espacé. Le graphique ci-dessous illustre les résultats des enfants dyslexiques de CE1 pour la lecture des deux pseudo-textes.

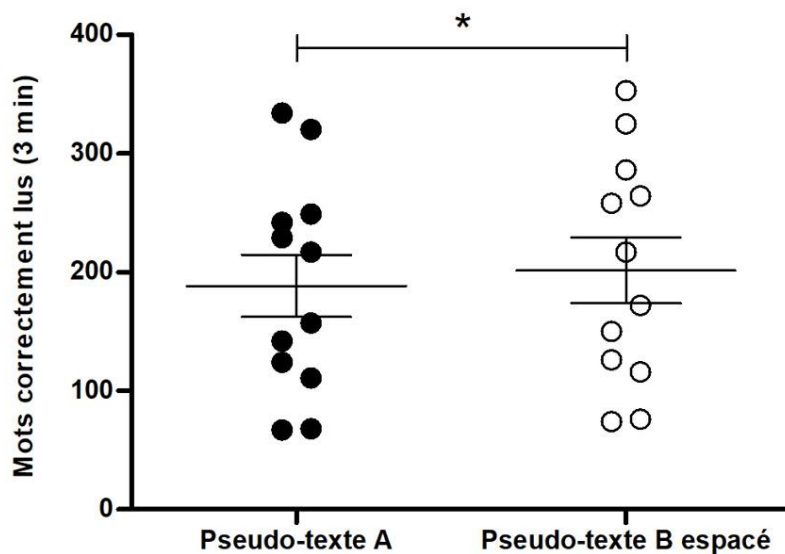


*Graphique 7 : Nombre de mots lus correctement par les enfants dyslexiques en CE1*

### 2.2.2. Résultats des enfants dyslexiques du CE2 au CM2

Il existe une différence significative du nombre de mots lus correctement par les élèves dyslexiques du CE2 au CM2 pour chacun des pseudo-textes ( $p=0,011$ ). La moyenne de mots lus correctement en 3 minutes est de 188,3 mots pour le pseudo-texte A et de 201,4 mots pour le pseudo-texte B espacé. Le graphique ci-dessous illustre les résultats des enfants dyslexiques du CE2 au CM2 pour la lecture des deux pseudo-textes.



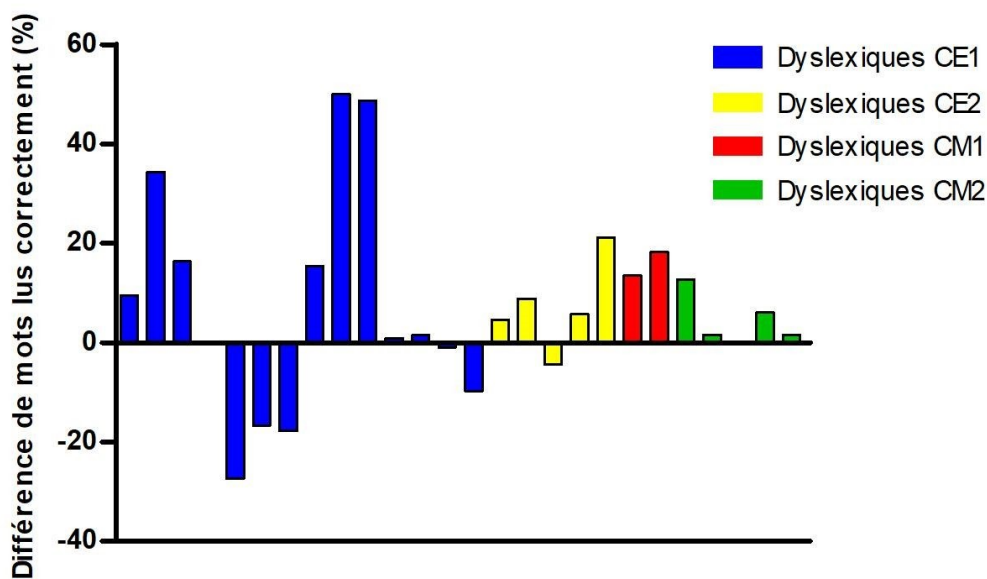


*Graphique 8 : Nombre de mots lus correctement par les enfants dyslexiques du CE2 au CM2*

### 2.2.3. Effets individuels chez les enfants dyslexiques

Nous avons calculé la différence de mots lus correctement entre le pseudo-texte A et le pseudo-texte B espacé chez les enfants dyslexiques (cf. annexe n°12, p. 86).

Le graphique ci-dessous illustre la différence en pourcentage de mots lus correctement par ces enfants pour le pseudo-texte B, lorsque l'espacement est augmenté.



*Graphique 9 : Différence en pourcentage de mots lus correctement par les enfants dyslexiques lorsque l'espacement est augmenté*

### 2.3.Comparaison des résultats entre les enfants tout-venant et dyslexiques

Après avoir calculé les scores Z des enfants dyslexiques par rapport aux résultats des enfants tout-venant, il apparaît que les performances en lecture sont améliorées pour quatre enfants dyslexiques sur quatorze lorsque l'espace est augmenté.

En effet, le score Z est plus élevé chez ces quatre enfants dyslexiques lors de la lecture du pseudo-texte B dont l'espace est augmenté par rapport au pseudo-texte A.

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats des enfants dyslexiques en CE1 pour chacun des pseudo-textes et la différence au niveau du score Z. Lorsque le score Z est amélioré lors de la lecture du pseudo-texte B espacé, les cases sont en bleu foncé.

Enfants DYS CE1	Mots corrects pseudo-texte A	Mots corrects pseudo-texte B espacé	Score Z pseudo-texte A	Score Z pseudo-texte B espacé
Enfant 1	116	127	-0,67	-0,54
Enfant 2	35	47	-1,58	-1,53
Enfant 3	43	50	-1,49	-1,50
Enfant 4	66	66	-1,23	-1,30
Enfant 5	62	45	-1,27	-1,56
Enfant 6	72	60	-1,16	-1,37
Enfant 7	101	83	-0,84	-1,08
Enfant 8	13	15	-1,82	-1,93
Enfant 9	30	45	-1,63	-1,56
Enfant 10	39	58	-1,53	-1,40
Enfant 11	115	116	-0,68	-0,67
Enfant 12	65	66	-1,24	-1,30
Enfant 13	103	102	-0,81	-0,85
Enfant 14	41	37	-1,51	-1,65

*Tableau 7 : Tableau montrant une amélioration du score Z chez certains enfants dyslexiques lors de la lecture du pseudo-texte B espacé*

### 3. CORRÉLATIONS ENTRE LA BELETTE ET LES PSEUDO-TEXTES

Nous avons étudié les corrélations entre les résultats à l'épreuve de La Belette et ceux des deux pseudo-textes concernant le nombre de mots correctement lus en trois minutes.

Il existe une corrélation positive significative entre les résultats à l'épreuve de La Belette et ceux des deux pseudo-textes pour le nombre de mots correctement lus en trois minutes, et ce pour les enfants tout-venant et les enfants dyslexiques.

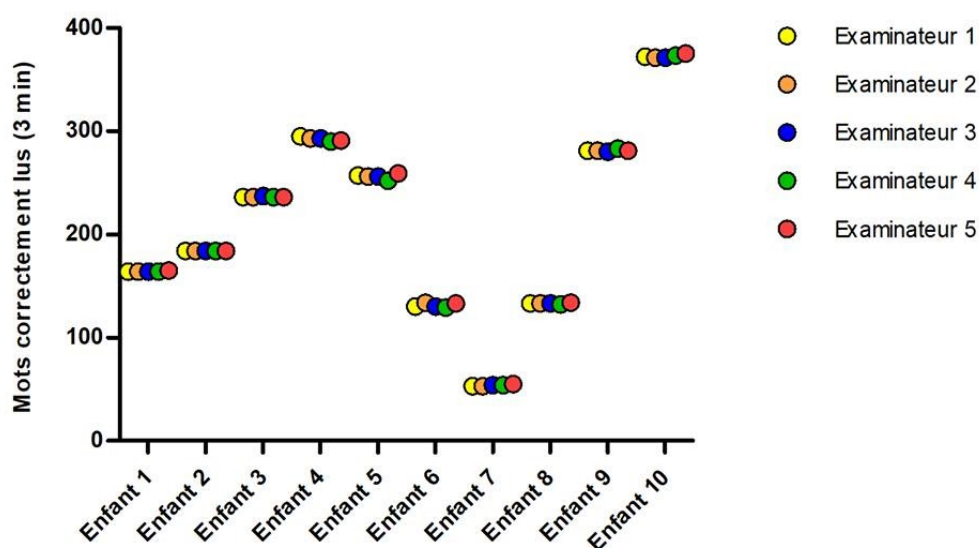
Les résultats sont repris dans le tableau ci-dessous.

Mots lus correctement	Enfants tout-venant	Enfants dyslexiques
La Belette / Pseudo-texte A	$r = 0,9568$ $p < 0,001$ ***	$r = 0,9697$ $p < 0,001$ ***
La Belette / Pseudo-texte B espacé	$r = 0,9338$ $p < 0,001$ ***	$r = 0,9531$ $p < 0,001$ ***

*Tableau 8 : Corrélations entre les résultats de La Belette et des pseudo-textes*

### 4. FIDELITE INTER-JUGES

Nous avons vérifié si les corrections des dix enregistrements effectuées par différents examinateurs étaient similaires. L'ANOVA à une voie en mesures répétées ne montre pas d'effet significatif de l'examineur ( $F(4,36) = 1,767$ ,  $p = 0,157$ ). Le graphique ci-dessous illustre les résultats trouvés par différents examinateurs pour les dix mêmes enfants.



*Graphique 10 : Nombre de mots lus correctement par chaque enfant selon différents examinateurs*

# DISCUSSION

## 1. RAPPEL DES OBJECTIFS ET DES HYPOTHESES

La lecture implique de décoder les unités écrites et d'en comprendre leur signification. Lorsque ce décodage est laborieux, l'activité de lecture est alors perturbée. Lorsque l'acquisition de la lecture est altérée de façon spécifique et significative, on parle de dyslexie. Ce trouble est classé dans les troubles neurodéveloppementaux dans le DSM-5 et la CIM-11 (APA, 2015; OMS, 2018). Les déficits liés à la dyslexie ne sont pas encore tous bien identifiés. La littérature a étudié principalement l'hypothèse du déficit phonologique (Snowling, 2001; Vellutino et al., 2004) mais des déficits visuels sont aujourd'hui davantage pris en compte (Gori & Facoetti, 2015).

L'encombrement visuel est un phénomène perceptif modulé par l'espacement des lettres et qui a des effets négatifs sur la reconnaissance des lettres (Zorzi et al., 2012). L'effet d'encombrement visuel peut donc ralentir la vitesse de lecture mais aussi provoquer des erreurs de lecture. Identifier un mot lorsque les caractères sont rapprochés s'avère alors compliqué, mais la lecture est facilitée chez certains lecteurs dyslexiques si ces caractères sont espacés (Spinelli et al., 2002).

Il nous a donc semblé pertinent de créer une épreuve qui s'intéresserait aux effets de l'espacement entre les caractères sur la lecture. Nous avons donc créé deux pseudo-textes avec l'objectif qu'ils soient équivalents grâce à la base de données Manulex-infra (Lété et al., 2004).

L'objectif premier de notre travail était donc d'élaborer deux pseudo-textes équivalents en utilisant des mots courts et fréquents et en contrôlant la longueur et la consistance orthographique de ceux-ci. Nous avons également fait lire ces pseudo-textes à des élèves de CE1 pour appuyer leur équivalence.

Notre second objectif était d'évaluer les effets de l'encombrement visuel sur la lecture des enfants tout-venant et des enfants dyslexiques. Nous avons utilisé nos deux pseudo-textes afin de comparer les performances : l'un ayant un espacement standard et l'autre ayant un espacement augmenté.

Enfin, nous voulions étudier s'il existait une corrélation entre les performances de lecture sur nos pseudo-textes et les résultats obtenus à la Belette.

Premièrement, nous souhaitions déterminer si nos pseudo-textes étaient équivalents. Nous supposons que la fréquence, la longueur et la consistance grapho-

phonémique entre les mots du pseudo-texte A et du pseudo-texte B seraient significativement équivalentes

Deuxièmement, nous cherchions à déterminer si les enfants tout-venant scolarisés en CE1 lisaient autant de mots corrects dans les deux pseudo-textes et si l'ordre de présentation avait un impact sur la lecture. Nous avons émis l'hypothèse que l'ordre de présentation des pseudo-textes n'aurait pas d'impact sur le nombre de mots lus correctement pour chacun des pseudo-textes.

Troisièmement, nous souhaitions déterminer si la lecture était facilitée chez certains enfants dyslexiques lorsque l'espacement entre les caractères d'un pseudo-texte était augmenté. Nous pensions que le nombre de mots lus correctement en trois minutes serait supérieur lors du pseudo-texte B espacé que lors de celle du pseudo-texte A chez certains enfants dyslexiques mais que cela n'aurait pas d'impact chez les lecteurs tout-venant.

Enfin, nous avons émis l'hypothèse qu'il existerait une corrélation positive entre les résultats à l'épreuve de La Belette et ceux des deux pseudo-textes.

## **2. ANALYSE DES RESULTATS**

### **2.1. Equivalence des pseudo-textes**

Les mots utilisés dans la création des deux pseudo-textes ne présentent aucune différence significative que ce soit au niveau de leur longueur, de leur fréquence ou encore de leur correspondance grapho-phonémique. De plus, chaque paragraphe du pseudo-texte A est équivalent à celui du pseudo-texte B correspondant. L'hypothèse selon laquelle nos pseudo-textes sont équivalents au niveau de leurs caractéristiques psycholinguistiques est donc validée.

Après les passations des deux pseudo-textes auprès des enfants tout-venant de CE1, il apparaît que le nombre total de mots lus en trois minutes est équivalent, de même que le nombre de mots correctement lus. Néanmoins, une différence significative au niveau du nombre d'erreurs a été mise en évidence entre les deux pseudo-textes. Les enfants font plus d'erreurs lorsqu'ils lisent le pseudo-texte B par rapport au pseudo-texte A. Par conséquent, nous n'avons pas pu prendre en compte le nombre d'erreurs effectuées pour chaque pseudo-texte lors de la deuxième partie de notre mémoire dans laquelle nous étudions l'effet de l'espacement. En effet, nous n'aurions pas pu

interpréter les résultats liés aux erreurs effectuées pour chacun des pseudo-textes. Il n'aurait pas été possible de conclure si l'effet possiblement observé était dû à l'augmentation de l'espacement du pseudo-texte ou bien au fait que nos deux pseudo-textes n'étaient pas équivalents au niveau du nombre d'erreurs. **L'hypothèse générale n°1 portant sur l'équivalence des pseudo-textes est donc partiellement validée.**

Pour la suite de notre étude, nous avons choisi de ne tenir compte que de la mesure « nombre de mots lus correctement en trois minutes » qui prend en compte la vitesse et la précision de la lecture. Comme il a été montré qu'aucune différence significative n'existait entre les deux pseudo-textes concernant le nombre de mots correctement lus, s'il existe un effet significatif lorsque l'espacement d'un des pseudo-textes est augmenté, nous pourrions conclure que cela est bien lié à l'augmentation de l'espacement.

Lors des passations pour l'équivalence des pseudo-textes auprès des enfants tout-venant en CE1, nous avons fait varier aléatoirement l'ordre de présentation des pseudo-textes. Les statistiques effectuées ont montré que l'ordre de présentation de chacun des pseudo-textes n'entraîne pas de différence significative sur le nombre de mots correctement lus. Ainsi, les performances en lecture seront similaires que chaque pseudo-texte soit lu en premier ou en deuxième. **L'hypothèse générale n°2 portant sur l'ordre de présentation des pseudo-textes est donc validée.**

## **2.2.Effet de l'augmentation de l'espacement**

### **2.2.1. Chez les enfants tout-venant**

Avant d'étudier les performances des enfants tout-venant lorsque l'espacement est augmenté, nous avons pris en compte les résultats à l'épreuve de lecture préliminaire La Belette. Nous avons constitué le groupe d'enfants tout-venant en gardant uniquement ceux qui avaient des performances supérieures au centile 8 à cette épreuve préliminaire, c'est-à-dire des performances situées dans la norme. En effet, nous ne voulions pas biaiser les résultats obtenus pour le groupe d'enfants tout-venant en incluant des enfants susceptibles d'être dyslexiques.

Les résultats obtenus pour le groupe d'enfants tout-venant indiquent que le pseudo-texte A ayant un espacement standard est significativement mieux lu que le pseudo-texte B dont l'espacement est augmenté. **L'hypothèse n°3 selon laquelle les performances des enfants tout-venant reste la même peu importe l'espacement n'est donc pas validée.**

En effet, les enfants tout-venant en CE1 présentent des performances moins bonnes en lecture lorsque l'espacement des caractères est augmenté. Cela concorde avec les résultats de certaines études selon lesquelles les enfants normo-lecteurs n'améliorent pas leurs performances lorsque l'espacement est augmenté (Spinelli et al., 2002; Zorzi et al., 2012). Cependant, aucune d'entre elles n'a montré des performances significativement moins bonnes lors de l'augmentation de l'espacement. Nous pouvons supposer que la frontière entre les mots est moins visible et entraîne une identification des mots ralentie. De plus, la présentation espacée est inhabituelle et les enfants nous ont souvent rapportés être gênés par celle-ci.

Il nous a semblé intéressant d'analyser également les performances des enfants ayant des performances de lecture déficitaires avec un score inférieur au centile 8 à l'épreuve préliminaire de La Belette. D'après les formulaires d'information remplis par les parents, ces enfants ne présentent pas de trouble spécifique du langage écrit. Les résultats obtenus montrent que le nombre de mots correctement lus pour le pseudo-texte B espacé est significativement plus important que pour le pseudo-texte A. L'augmentation de l'espacement permet donc à ces enfants ayant des performances déficitaires à La Belette d'améliorer leur lecture. Nous pouvons nous questionner sur la présence d'un éventuel trouble du langage écrit qui n'aurait pas été diagnostiqué chez ces enfants.

### 2.2.2. Chez les enfants dyslexiques

Les performances du groupe d'enfants dyslexiques en CE1 sont équivalentes pour la lecture du pseudo-texte A standard et du pseudo-texte B espacé. Il n'existe aucune différence significative concernant le nombre de mots lus correctement en trois minutes pour chacun des pseudo-textes. Cependant, il est important de s'intéresser aux effets individuels des enfants dyslexiques puisque l'on sait que tous les enfants dyslexiques ne sont pas concernés par l'effet d'encombrement visuel. Les performances



seraient améliorées avec l'augmentation de l'espacement pour environ un tiers des enfants dyslexiques italiens (Spinelli et al., 2002). Il n'existe pas de référence concernant la proportion d'enfants dyslexiques français touchés (Casalis et al., 2018).

Afin d'évaluer les effets individuels, nous avons comparé les résultats de chaque enfant dyslexique en CE1 à ceux de l'ensemble des enfants tout-venant en CE1, et ce pour chaque pseudo-texte. Pour quatre enfants dyslexiques sur quatorze, nous observons une amélioration du score Z lors de la lecture du pseudo-texte B. Cela traduit pour ces enfants une amélioration des performances en lecture lorsque l'espacement est augmenté.

Nous avons rassemblé les résultats obtenus pour les enfants dyslexiques du CE2 au CM2 pour les analyser en même temps, compte-tenu du faible effectif pour chaque classe. Ces enfants lisent significativement plus de mots corrects en trois minutes lors de la lecture du pseudo-texte B. L'augmentation de l'espacement leur permet ainsi d'avoir de meilleures performances en lecture.

Nous n'avons pas pu comparer les résultats des enfants dyslexiques du CE2 au CM2 par rapport à ceux des enfants tout-venant des classes correspondantes puisque nous avons uniquement fait des passations auprès d'enfants tout-venant en CE1. Cependant, nous remarquons que sur les douze enfants dyslexiques de ce groupe, dix d'entre eux lisent davantage de mots corrects lors de la lecture du pseudo-texte B espacé. **L'hypothèse n°4 concernant les performances des enfants dyslexiques est donc validée.** Certains enfants dyslexiques ont de meilleures performances en lecture lorsque l'espacement est augmenté. Cela suggère qu'ils présentent un encombrement visuel excessif. Néanmoins, tous les enfants dyslexiques ne sont pas concernés par cet effet.

### **2.3.Corrélations entre les textes**

Il existe une corrélation positive significative entre les résultats à l'épreuve de La Belette et ceux des deux pseudo-textes concernant le nombre de mots correctement lus en trois minutes. Ces résultats sont valables pour les enfants tout-venant comme pour les enfants dyslexiques. **L'hypothèse n°5 d'une corrélation positive entre les résultats à La Belette et ceux des deux pseudo-textes est validée pour les enfants**

**tout-venant et dyslexiques.** Cela signifie que de bons résultats obtenus à l'épreuve de La Belette prédisent de bons résultats aux deux pseudo-textes, et inversement.

#### **2.4.Fidélité inter-juges**

Nous nous sommes intéressées à la qualité psychométrique qu'est la fidélité inter-juges. Elle est importante pour la validation d'un outil d'évaluation. Les cotations de dix enregistrements pris au hasard effectuées par plusieurs examinateurs ne montrent pas de différence significative. Les scores obtenus à l'issue de ces cotations concordent entre les différents examinateurs. Certaines différences au sein d'un même individu ont pu être observées, mais cela entraînait seulement des différences minimales au niveau du score. Nous avons donc réussi à mettre en évidence que les résultats obtenus aux deux pseudo-textes sont fiables et que la fidélité inter-juges est satisfaisante.

### **3. INTERETS DE L'ETUDE**

Cette étude a pour objet d'élaborer un test de lecture permettant d'évaluer l'effet de l'encombrement visuel lors de la lecture. Il n'existait pas à ce jour à notre connaissance de test permettant de l'évaluer. Notre test a été construit (1) en contrôlant les variables psycholinguistiques pour équilibrer nos deux pseudo-textes grâce à la base de données Manulex-infra ; (2) en utilisant des phrases sans lien les unes aux autres pour limiter l'effet de contexte ; (3) en se basant sur des références théoriques explicites (Bertoni et al., 2019; Hakvoort et al., 2017; Perea et al., 2012; Zorzi et al., 2012) permettant d'utiliser la police et l'espacement idéal ; (4) en veillant à proposer les pseudo-textes dans un ordre aléatoire pour limiter une quelconque fatigabilité.

D'après nos résultats, les deux pseudo-textes créés sont équivalents au niveau du nombre de mots lus correctement. Même si cela n'était pas le but de notre mémoire, ils pourront être des outils pertinents pour établir des lignes de base tout en évitant l'effet test-retest.

Lorsque nous avons augmenté l'espacement de l'un des pseudo-textes, nous avons pu montrer que certains enfants dyslexiques avaient de meilleures performances

en lecture lors de cette condition espacée. Notre test permettrait donc d'identifier les enfants dyslexiques présentant un encombrement visuel excessif.

#### **4. LIMITES ET PERSPECTIVES DE L'ETUDE**

Nous avons constaté plusieurs limites concernant notre étude. Tout d'abord, nous aurions aimé avoir des mesures plus ciblées concernant la précision de lecture en analysant le nombre d'erreurs pour chaque pseudo-texte. Cependant, cela n'a pas été possible car lors de la phase d'équivalence des pseudo-textes, nous avons trouvé que les enfants faisaient significativement plus d'erreurs pour le pseudo-texte B. Nous avons donc choisi d'analyser une mesure plus globale : « le nombre de mots correctement lus », prenant en compte à la fois la vitesse et la précision de lecture puisque les erreurs étaient déduites du nombre total de mots lus. Les deux pseudo-textes étaient en effet équivalents pour cette mesure plus globale.

De plus, bien que des corrélations positives significatives aient été mises en évidence entre les résultats de La Belette et ceux des deux pseudo-textes, il n'est pas possible d'étudier la validité convergente puisqu'il n'existe pas encore d'autres outils évaluant l'effet d'encombrement visuel.

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressées principalement aux enfants de CE1. Il serait intéressant que cette étude soit prolongée afin de récolter des données auprès des enfants tout-venant du CE2 au CM2 pour poursuivre la normalisation. Par ailleurs, il serait pertinent d'avoir un échantillon plus important d'enfants dyslexiques du CE1 au CM2 afin que les résultats soient le plus représentatif possible. Cela permettrait d'évaluer l'effet d'encombrement visuel excessif sur des lecteurs plus expérimentés. A terme, nous aimerions que le test que nous avons créé soit diffusé le plus largement possible auprès d'orthophonistes. Cela permettrait d'identifier les enfants concernés par un encombrement visuel excessif et d'adapter ainsi la prise en charge à cette particularité. Des supports adaptés pourraient ainsi être proposés afin d'avoir une lecture plus performante et moins coûteuse.

En effet, un enfant dyslexique lit en une année ce qu'un enfant normo-lecteur lit en deux jours (Cunningham & Stanovich, 1998; Zorzi et al., 2012). Une faible exposition à la lecture affecte la vitesse de reconnaissance des mots et donc l'automatisation de la lecture. Moins les enfants lisent et moins bonnes seront les

performances en lecture (Cunningham & Stanovich, 1998). La lecture est lente et laborieuse pour les enfants dyslexiques, ce qui ne les encourage pas à lire. Ce cercle vicieux pourrait cependant être rompu pour les enfants concernés par l'effet d'encombrement visuel

L'augmentation de l'espacement permet une meilleure identification des mots écrits pour certains dyslexiques. Cependant, la lecture ne consiste pas seulement à décoder des mots écrits, la compréhension est également nécessaire (Tiffin-Richards & Schroeder, 2015). Il a été montré que cette dernière était également améliorée lorsque l'encombrement visuel était réduit (Perea et al., 2012). Ainsi, identifier les sujets concernés par l'effet de crowding grâce à notre test permettrait de leur proposer des écrits plus accessibles en augmentant l'espacement. Ceci améliorerait à la fois la reconnaissance des mots écrits et leur compréhension.

# CONCLUSION

Les déficits visuels présents dans la dyslexie ne sont aujourd'hui plus négligés au profit des déficits phonologiques. Ils méritent donc que l'on s'y attarde plus spécifiquement pour comprendre les difficultés des enfants dyslexiques. Parmi eux, l'effet d'encombrement visuel peut perturber la lecture. Il nous a donc paru important d'élaborer un outil permettant d'évaluer cet effet d'encombrement visuel sur la lecture des enfants tout-venant et dyslexiques.

Dans un premier temps, cette étude a consisté à créer deux pseudo-textes équivalents en tenant compte des variables psycholinguistiques de fréquence, longueur et consistance grapho-phonémique. Ensuite, nous avons espacé un des pseudo-textes pour évaluer les effets de l'espacement entre les caractères sur les performances en lecture des enfants tout-venant de CE1 ainsi que d'enfants dyslexiques du CE1 au CM2.

Cette étude a d'abord permis de valider l'équivalence de nos deux pseudo-textes. Puis les résultats concernant les effets de l'espacement ont montré que pour le groupe d'enfants tout-venant, le pseudo-texte A est significativement mieux lu que le pseudo-texte B dont l'espacement est augmenté. Les performances du groupe d'enfants dyslexiques en CE1 aux deux pseudo-textes sont équivalentes. Cependant, lorsque l'on s'intéresse aux effets individuels, on observe une amélioration des performances en lecture lorsque l'espacement est augmenté pour certains enfants dyslexiques. De plus, les enfants dyslexiques du CE2 au CM2 lisent significativement plus de mots corrects lors de la lecture du pseudo-texte B espacé. Ces résultats montrent que certains enfants ont de meilleures performances en lecture lorsque l'espacement est augmenté mais tous ne sont pas concernés.

Nous avons également montré qu'il existait une corrélation positive significative entre les résultats à l'épreuve de La Belette et ceux des pseudo-textes pour les enfants tout-venant et dyslexiques. De plus, nous avons démontré que notre test bénéficiait d'une fidélité inter-juges satisfaisante.

Il serait intéressant de poursuivre cette étude pour agrandir l'échantillon de notre population et l'élargir à davantage de classes pour observer les effets de l'espacement sur des lecteurs plus expérimentés. Ces pseudo-textes pourraient permettre aux orthophonistes à terme de disposer d'un outil évaluant l'effet d'encombrement visuel pour étayer leur diagnostic et ainsi adapter au mieux leur prise en soin.

# REFERENCES

- American Psychiatric Association (APA). (2015). Troubles neurodéveloppementaux. Dans M-A. Crocq et J. D. Guelfi (trad.), *DSM-5 Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5<sup>e</sup> éd. : p. 76-86). Issy-les-Moulineaux, France: Elsevier Masson.
- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological Review*, *105*(4), 678-723. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.105.4.678-723>
- Atkinson, J. (1993). Vision in Dyslexics : Letter Recognition Acuity, Visual Crowding, Contrast Sensitivity, Accommodation, Convergence and Sight Reading Music. In S. F. Wright & R. Groner (Éds.), *Studies in Visual Information Processing* (Vol. 3, p. 125-138). Amsterdam, Pays-Bas : Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-89949-1.50015-8>
- Becker, N., Vasconcelos, M., Oliveira, V., Santos, F. C. D., Bizarro, L., Almeida, R. M. M. D., Salles, J. F. D., & Carvalho, M. R. S. (2017). Genetic and environmental risk factors for developmental dyslexia in children : Systematic review of the last decade. *Developmental Neuropsychology*, *42*(7-8), 423-445. <https://doi.org/10.1080/87565641.2017.1374960>
- Bedoin, N., Kéïta, L., Leculier, L., Roussel, C., Herbillon, V., & Launay, L. (2010). Diagnostic et remédiation d'un déficit d'inhibition des détails dans la dyslexie de surface. Dans T. Rousseau et F. Valette-Fruhinsholz (dir.) *Le Langage oral : données actuelles et perspectives en orthophonie* (p.177-210). Isbergues : France : OrthoEdition.

- Bedoin, N. (2017). Rééquilibrer les analyses visuo-attentionnelles globales et locales pour améliorer la lecture chez des enfants dyslexiques de surface. *A.N.A.E.*, 148, 276-294.
- Bedoin, N. (2014). Dyslexie chez l'enfant et déficits d'attention spatiale. Dans M-P. Thibault (prés.), *Les Entretiens d'Orthophonie 2014*. Communication présentée dans le cadre des Entretiens d'Orthophonie 2014. Paris, France.
- Bedoin, N., Marcastel, A., & Tillmann, B. (2016). Difficultés attentionnelles et traitement du langage : Propositions d'aide par la musique et remédiations informatisées. *Développements*, 18-19, 121-269.
- Bellocchi, S., Massendari, D., Grainger, J., & Ducrot, S. (2018). Effects of inter-character spacing on saccade programming in beginning readers and dyslexics. *Child Neuropsychology*, 25(4), 482-506.  
<https://doi.org/10.1080/09297049.2018.1504907>
- Bertoni, S., Franceschini, S., Ronconi, L., Gori, S., & Facoetti, A. (2019). Is excessive visual crowding causally linked to developmental dyslexia? *Neuropsychologia*, 130, 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.04.018>
- Billard, C., Fluss, J., Ducot, B., Warszawski, J., Ecalle, J., Magnan, A., Richard, G., & Ziegler, J. (2008). Étude des facteurs liés aux difficultés d'apprentissage de la lecture. À partir d'un échantillon de 1062 enfants de seconde année d'école élémentaire. *Archives de Pédiatrie*, 15(6), 1058-1067.  
<https://doi.org/10.1016/j.arcped.2008.02.020>
- Bishop, D. V. M., & Snowling, M. J. (2004). Developmental Dyslexia and Specific Language Impairment: Same or Different? *Psychological Bulletin*, 130(6), 858-886. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.130.6.858>



- Blomert, L. (2011). The neural signature of orthographic–phonological binding in successful and failing reading development. *NeuroImage*, *57*(3), 695-703.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.003>
- Blomert, L., & Froyen, D. (2010). Multi-sensory learning and learning to read. *International Journal of Psychophysiology*, *77*(3), 195-204.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.06.025>
- Boets, B., Op de Beeck, H. P., Vandermosten, M., Scott, S. K., Gillebert, C. R., Mantini, D., Bulthe, J., Sunaert, S., Wouters, J., & Ghesquiere, P. (2013). Intact But Less Accessible Phonetic Representations in Adults with Dyslexia. *Science*, *342*(6163), 1251-1254. <https://doi.org/10.1126/science.1244333>
- Bogliotti, C., Serniclaes, W., Messaoud-Galusi, S., & Sprenger-Charolles, L. (2008). Discrimination of speech sounds by children with dyslexia : Comparisons with chronological age and reading level controls. *Journal of Experimental Child Psychology*, *101*(2), 137-155. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.03.006>
- Bosse, M.-L., Tainturier, M.-J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia : The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, *104*(2), 198-230.
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance : A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading*, *32*(2), 230-253. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2008.01387.x>
- Bouma, H., & Legein, Ch. P. (1977). Foveal and parafoveal recognition of letters and words by dyslexics and by average readers. *Neuropsychologia*, *15*(1), 69-80.  
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(77\)90116-6](https://doi.org/10.1016/0028-3932(77)90116-6)
- Bouma, H., & Van Rens, A.L.M. (1970). Reading processes : On the recognition of single words in eccentric vision. *IPO Annual Progress Report*, *5*, 99-106.

- Brem, S., Bach, S., Kucian, K., Kujala, J. V., Guttorm, T. K., Martin, E., Lyytinen, H., Brandeis, D., & Richardson, U. (2010). Brain sensitivity to print emerges when children learn letter–speech sound correspondences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(17), 7939-7944. <https://doi.org/10.1073/pnas.0904402107>
- Caravolas, M., Lervåg, A., Defior, S., Seidlová Málková, G., & Hulme, C. (2013). Different Patterns, but Equivalent Predictors, of Growth in Reading in Consistent and Inconsistent Orthographies. *Psychological Science*, *24*(8), 1398-1407. <https://doi.org/10.1177/0956797612473122>
- Carré, R., Sprenger-Charolles, L., Messaoud-Galusi, S., & Serniclaes, W. (2000). On auditory-phonetic short-term transformation. In *Sixth International Conference on Spoken Language Processing*.
- Casalis, S., Leloup, G. et Bois Parriaud, F. (2013). *Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant*. Issy-lesMoulineaux, France : Elsevier Masson.
- Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read ? *Cognition*, *91*(1), 77-111. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(03\)00164-1](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(03)00164-1)
- Chung, S. T. L., Li, R. W., & Levi, D. M. (2007). Crowding between first- and second-order letter stimuli in normal foveal and peripheral vision. *Journal of Vision*, *7*(2), 10-10. <https://doi.org/10.1167/7.2.10>
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC : A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, *108*(1), 204-256. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.1.204>

- Cunningham, A. E., & Stanovich, K. E. (1998). What reading does for the mind. *American educator*, 22, 8–17.
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Filho, G. N., Jobert, A., Dehaene-Lambertz, G., Kolinsky, R., Morais, J., & Cohen, L. (2010). How Learning to Read Changes the Cortical Networks for Vision and Language. *Science*, 330(6009), 1359-1364. <https://doi.org/10.1126/science.1194140>
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: A proposal. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 335-341. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.05.004>
- Démonet, J.-F., Taylor, M. J., & Chaix, Y. (2004). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 363(9419), 1451–1460.
- Dotan, S., & Katzir, T. (2018). Mind the gap: Increased inter-letter spacing as a means of improving reading performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, 174, 13-28. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.04.010>
- Duranovic, M., Senka, S., & Babic-Gavric, B. (2018). Influence of increased letter spacing and font type on the reading ability of dyslexic children. *Annals of Dyslexia*, 68(3), 218-228. <https://doi.org/10.1007/s11881-018-0164-z>
- Eckert, M. (2004). Neuroanatomical Markers for Dyslexia: A Review of Dyslexia Structural Imaging Studies. *The Neuroscientist*, 10(4), 362-371. <https://doi.org/10.1177/1073858404263596>
- Facoetti, A., Corradi, N., Ruffino, M., Gori, S., & Zorzi, M. (2010). Visual spatial attention and speech segmentation are both impaired in preschoolers at familial risk for developmental dyslexia. *Dyslexia*, 16(3), 226-239. <https://doi.org/10.1002/dys.413>

- Facoetti, A., & Molteni, M. (2001). The gradient of visual attention in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *39*(4), 352-357. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(00\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(00)00138-X)
- Facoetti, A., Trussardi, A. N., Ruffino, M., Lorusso, M. L., Cattaneo, C., Galli, R., Molteni, M., & Zorzi, M. (2010). Multisensory Spatial Attention Deficits Are Predictive of Phonological Decoding Skills in Developmental Dyslexia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(5), 1011-1025. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21232>
- Facoetti, A., Zorzi, M., Cestnick, L., Lorusso, M. L., Molteni, M., Paganoni, P., Umiltà, C., & Mascetti, G. G. (2006). The relationship between visuo-spatial attention and nonword reading in developmental dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, *23*(6), 841-855. <https://doi.org/10.1080/02643290500483090>
- Fayol, M., Bonin, P., & Collay, S. (2008). La consistance orthographique en production verbale écrite : Une brève synthèse. *L'Année psychologique*, *108*(3), 517-546.
- Fluss, J., Bertrand, D., Ziegler, J., & Billard, C. (2009). Troubles d'apprentissage de la lecture : Rôle des facteurs cognitifs, comportementaux et socio-économiques. *Developpements*, *n° 1*(1), 21-33.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In K. E. Patterson, J. C. Marshall, & M. Coltheart, *Surface Dyslexia* (p. 301-330).
- Galaburda, A. M., LoTurco, J., Ramus, F., Fitch, R. H., & Rosen, G. D. (2006). From genes to behavior in developmental dyslexia. *Nature Neuroscience*, *9*(10), 1213-1217. <https://doi.org/10.1038/nn1772>
- Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen, G. D., Aboitiz, F., & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: Four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, *18*(2), 222-233. <https://doi.org/10.1002/ana.410180210>

- Gauthier, S., Vidal, S., Médina, F. et Lesecq, L. (2016). *La Belette : Elaboration d'un test d'évaluation des performances en lecture du CE1 au CMI*. Université de Picardie Jules Verne, France.
- Gori, S., & Facoetti, A. (2015). How the visual aspects can be crucial in reading acquisition: The intriguing case of crowding and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, *15*(1), 1-20. <https://doi.org/10.1167/15.1.8>
- Griffiths, Y. M., & Snowling, M. J. (2002). Predictors of exception word and nonword reading in dyslexic children: The severity hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, *94*(1), 34-43. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.1.34>
- Habib, M. (2018). Dyslexie de développement. *EMC, Psychiatrie/Pédopsychiatrie*, *0* (0), 1-12. [http://dx.doi.org/10.1016/S0246-1072\(18\)81436-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0246-1072(18)81436-5)
- Hakvoort, B., van den Boer, M., Leenaars, T., Bos, P., & Tijms, J. (2017). Improvements in reading accuracy as a result of increased interletter spacing are not specific to children with dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, *164*, 101-116. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.07.010>
- Hari, R., & Renvall, H. (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(12), 525-532. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01801-5](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01801-5)
- Hawelka, S., & Wimmer, H. (2005). Impaired visual processing of multi-element arrays is associated with increased number of eye movements in dyslexic reading. *Vision Research*, *45*(7), 855-863. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2004.10.007>
- Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM). (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques* ». (p.535-617).

- Joo, S. J., White, A. L., Strodtman, D. J., & Yeatman, J. D. (2018). Optimizing text for an individual's visual system : The contribution of visual crowding to reading difficulties. *Cortex*, *103*, 291-301. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.03.013>
- Lallier, M., Tainturier, M.-J., Dering, B., Donnadieu, S., Valdois, S., & Thierry, G. (2010). Behavioral and ERP evidence for amodal sluggish attentional shifting in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *48*(14), 4125-4135. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.027>
- Legge, G. E., & Bigelow, C. A. (2011). Does print size matter for reading? A review of findings from vision science and typography. *Journal of Vision*, *11*(5), 1-22. <https://doi.org/10.1167/11.5.8>
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX : A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *36*(1), 156-166. <https://doi.org/10.3758/BF03195560>
- Lieberman, I. Y. (1973). Segmentation of the spoken word and reading acquisition. *Bulletin of the Orton Society*, *23*, 65-77.
- Lobier, M., Zoubrinetzky, R., & Valdois, S. (2012). The visual attention span deficit in dyslexia is visual and not verbal. *Cortex*, *48*(6), 768-773. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.09.003>
- Martelli, M., Filippo, G. D., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, *9*(4), 14-14. <https://doi.org/10.1167/9.4.14>
- Martin, J., Colé, P., Leuwers, C., Casalis, S., Zorman, M., & Sprenger-Charolles, L. (2010). Reading in French-speaking adults with dyslexia. *Annals of Dyslexia*, *60*(2), 238-264. <https://doi.org/10.1007/s11881-010-0043-8>

- Mazeau, M., & Pouhet, A. (2014). *Neuropsychologie et trouble des apprentissages chez l'enfant : du développement typique aux "dys-"* (2<sup>e</sup> éd.). Issy-les-Moulineaux, France : Elsevier Masson.
- Monzalvo, K., Fluss, J., Billard, C., Dehaene, S., & Dehaene-Lambertz, G. (2012). Cortical networks for vision and language in dyslexic and normal children of variable socio-economic status. *NeuroImage*, 61(1), 258-274. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.035>
- Morais, J., Bertelson, P., Cary, L., & Alegria, J. (1986). Literacy training and speech segmentation. *Cognition*, 24 (1-2), 45-64. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(86\)90004-1](https://doi.org/10.1016/0010-0277(86)90004-1)
- Nossent, C. (2016). *Vivre et comprendre la dyslexie*. Paris, France : Ellipses.
- O'Brien, B. A., Mansfield, J. S., & Legge, G. E. (2005). The effect of print size on reading speed in dyslexia. *Journal of research in reading*, 28(3), 332-349. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2005.00273.x>
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (1993). *Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes : CIM-10, 1*. Genève, Suisse : Organisation Mondiale de la Santé.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2018). *International statistical classification of diseases and related health problems : ICD-11*. Consulté le 20 mars 2020, à l'adresse <https://icd.who.int/browse11/l-m/en#/http://id.who.int/icd/entity/1008636089>
- Paulesu, E., Démonet, J.-F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., Cappa, S. F., Cossu, G., Habib, M., Frith, C. D., & Frith, U. (2001). Dyslexia : Cultural Diversity and Biological Unity. *Science*, 291(5511), 2165-2167. <https://doi.org/10.1126/science.1057179>

- Pelli, D. G., Palomares, M., & Majaj, N. J. (2004). Crowding is unlike ordinary masking : Distinguishing feature integration from detection. *Journal of Vision*, 4(12), 12-12. <https://doi.org/10.1167/4.12.12>
- Pelli, D. G. (2008). Crowding : A cortical constraint on object recognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(4), 445-451. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.09.008>
- Pelli, D. G., Tillman, K. A., Freeman, J., Su, M., Berger, T. D., & Majaj, N. J. (2007). Crowding and eccentricity determine reading rate. *Journal of Vision*, 7(2), 20-20. <https://doi.org/10.1167/7.2.20>
- Perea, M., Panadero, V., Moret-Tatay, C., & Gómez, P. (2012). The effects of inter-letter spacing in visual-word recognition : Evidence with young normal readers and developmental dyslexics. *Learning and Instruction*, 22(6), 420-430. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.04.001>
- Perry, C., Ziegler, J. C., & Zorzi, M. (2007). Nested incremental modeling in the development of computational theories : The CDP+ model of reading aloud. *Psychological Review*, 114(2), 273-315. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.2.273>
- Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2015). Developmental Dyslexia. *Annual Review of Clinical Psychology*, 11(1), 283-307. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032814-112842>
- Ramus, F. (2005). *Aux origines cognitives, neurobiologiques et génétiques de la dyslexie*. Les journées de l'ONL, Les troubles de l'apprentissage de la lecture.
- Ramus, F. (2010). Génétique de la dyslexie développementale. Dans S. Chokron & J.-F. Démonet (dir.), *Approche neuropsychologique des troubles des apprentissages* (p. 67-90). Marseille, France : Solal.



- Ramus, F. (2012). Les troubles spécifiques de la lecture. *L'Information Grammaticale*, 133(1), 34-40. <https://doi.org/10.3406/igram.2012.4200>
- Ramus, F. (2014). Neuroimaging sheds new light on the phonological deficit in dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(6), 274-275. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.01.009>
- Ramus, F., Marshall, C. R., Rosen, S., & van der Lely, H. K. J. (2013). Phonological deficits in specific language impairment and developmental dyslexia : Towards a multidimensional model. *Brain*, 136(2), 630-645. <https://doi.org/10.1093/brain/aws356>
- Ramus, F., & Szenkovits, G. (2008). What Phonological Deficit? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(1), 129-141. <https://doi.org/10.1080/17470210701508822>
- Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., Carré, R., & Demonet, J-F. (2001). Perceptual Discrimination of Speech Sounds in Developmental Dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(2), 384-399. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2001/032\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2001/032))
- Serniclaes, W., Collet, G., & Sprenger-Charolles, L. (2015). Review of neural rehabilitation programs for dyslexia : How can an allophonic system be changed into a phonemic one? *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00190>
- Serniclaes, W., Heghe, S. V., Mousty, P., Carré, R., & Sprenger-Charolles, L. (2004). Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(4), 336-361. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.02.001>
- Seymour, P. H. K., Aro, M., Erskine, J. M., & collaboration with COST Action A8 network. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies.

*British Journal of Psychology*, 94(2), 143-174.

<https://doi.org/10.1348/000712603321661859>

Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., ...Gore, J. C. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological psychiatry*, 52(2), 101-110. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(02\)01365-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(02)01365-3).

Snowling, M. J. (2001). From language to reading and dyslexia. *Dyslexia*, 7(1), 37-46. <https://doi.org/10.1002/dys.185>

Spinelli, D., De Luca, M., Judica, A., & Zoccolotti, P. (2002). Crowding Effects on Word Identification in Developmental Dyslexia. *Cortex*, 38(2), 179-200. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70649-X](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70649-X)

Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Kipffer-Piquard, A., Pinton, F., & Billard, C. (2009). Reliability and prevalence of an atypical development of phonological skills in French-speaking dyslexics. *Reading and Writing*, 22(7), 811-842. <https://doi.org/10.1007/s11145-008-9117-y>

Taipale, M., Kaminen, N., Nopola-Hemmi, J., Haltia, T., Myllyluoma, B., Lyytinen, H., ...Kere, J. (2003). A candidate gene for developmental dyslexia encodes a nuclear tetratricopeptide repeat domain protein dynamically regulated in brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(20), 11553-11558. <https://doi.org/10.1073/pnas.1833911100>

Tiffin-Richards, S. P., & Schroeder, S. (2015). The component processes of reading comprehension in adolescents. *Learning and Individual Differences*, 42, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.07.016>

Valdois, S. (2014). Qu'entend par déficit visuo-attentionnel en contexte dyslexique ? *A.N.A.E.*, 128, 27-35.

- Van der Mark, S., Klaver, P., Bucher, K., Maurer, U., Schulz, E., Brem, S., Martin, E., & Brandeis, D. (2011). The left occipitotemporal system in reading : Disruption of focal fMRI connectivity to left inferior frontal and inferior parietal language areas in children with dyslexia. *NeuroImage*, *54*(3), 2426-2436. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.002>
- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): What have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *45*(1), 2-40. <https://doi.org/10.1046/j.0021-9630.2003.00305.x>
- Verhoeven, L., Perfetti, C., & Pugh, K. (2019). *Developmental Dyslexia across Languages and Writing Systems*. Cambridge, Angleterre : Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108553377>.
- Wer MD, B., (2014). *Comparison of Reading Development Across Socioeconomic Status in the United States*. University of Denver, Etats-Unis.
- Whitney, D., & Levi, D. M. (2011). Visual crowding: A fundamental limit on conscious perception and object recognition. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(4), 160-168. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.02.005>
- Yu, D., Cheung, S.-H., Legge, G. E., & Chung, S. T. L. (2007). Effect of letter spacing on visual span and reading speed. *Journal of Vision*, *7*(2), 1-10. <https://doi.org/10.1167/7.2.2>
- Ziegler. (2018). Différences inter-linguistiques dans l'apprentissage de la lecture. *Langue française*, *199*(3), 35-49. <https://doi.org/10.3917/lf.199.0035>
- Ziegler, Castel, C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F.-X., & Perry, C. (2008). Developmental dyslexia and the dual route model of reading: Simulating

individual differences and subtypes. *Cognition*, 107(1), 151-178.

<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.09.004>

Ziegler, J. C., Perry, C., & Zorzi, M. (2014). Modelling reading development through phonological decoding and self-teaching: Implications for dyslexia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1634), 20120397. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0397>

Zorzi, M., Barbiero, C., Facoetti, A., Lonciari, I., Carrozzi, M., Montico, M., Bravar, L., George, F., Pech-Georgel, C., & Ziegler, J. C. (2012). Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(28), 11455-11459. <https://doi.org/10.1073/pnas.1205566109>

# ANNEXES

## Sommaire des annexes

ANNEXE 1 : Modèle d'apprentissage de la lecture de Frith (1985).....	77
ANNEXE 2 : Modèle DRC (Dual Route Cascade) de Coltheart et al. 2001 .....	78
ANNEXE 3 : Modèle Connexionniste à Processus Duel (CDP+) de Perry et al.2007 ..	79
ANNEXE 4 : Modèle multitraces MTM (Ans et al., 1998) .....	80
ANNEXE 5 : Activations corticales de l'hémisphère gauche lors de la lecture de mots chez un sujet témoin (Shawitz et al., 2002) .....	80
ANNEXE 6 : Critères utilisés pour la sélection des mots dans Manulex-infra.....	81
ANNEXE 7 : Répartition des différentes classes grammaticales dans les phrases .....	82
ANNEXE 8 : Comparaison des données psycholinguistiques des deux pseudo-textes .	82
ANNEXE 9 : Formulaire d'information et de consentement .....	83
ANNEXE 10 : Extrait de "La Belette" (Gauthier, Vidal, Lesecq et Médina, 2016) .....	84
ANNEXE 11 : Extraits du pseudo-texte A standard et du pseudo-texte B espacé.....	85
ANNEXE 12 : Résultats chez les enfants dyslexiques du CE1 au CM2.....	86

ANNEXE 1 : Modèle d'apprentissage de la lecture de Frith (1985)

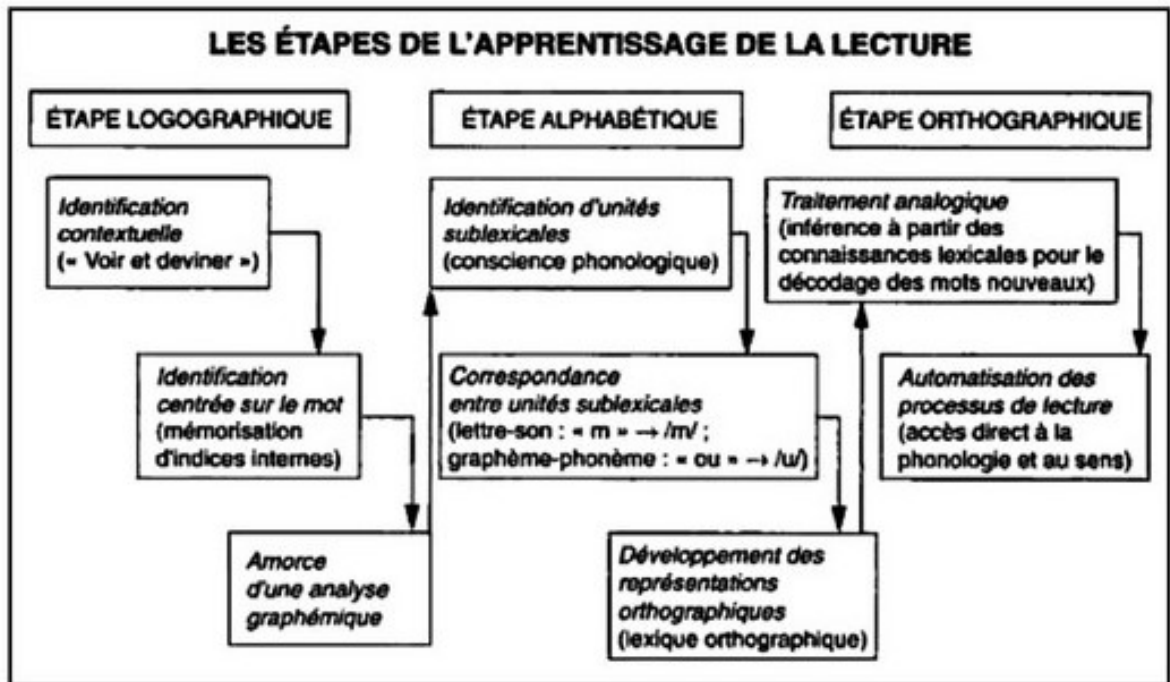


Figure 1 : Schéma des étapes de l'apprentissage de la lecture selon Frith (1985)

ANNEXE 2 : Modèle DRC (Dual Route Cascade) de Coltheart et al. 2001

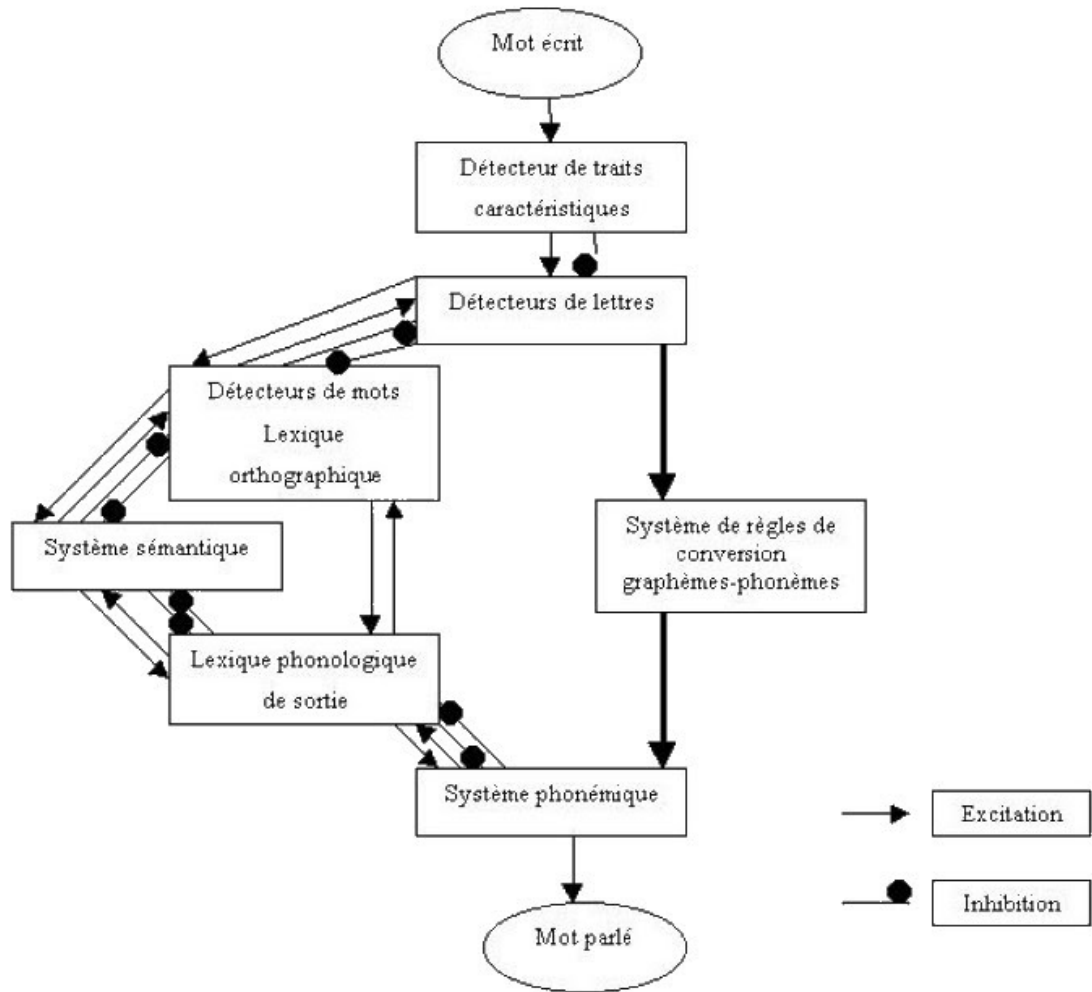
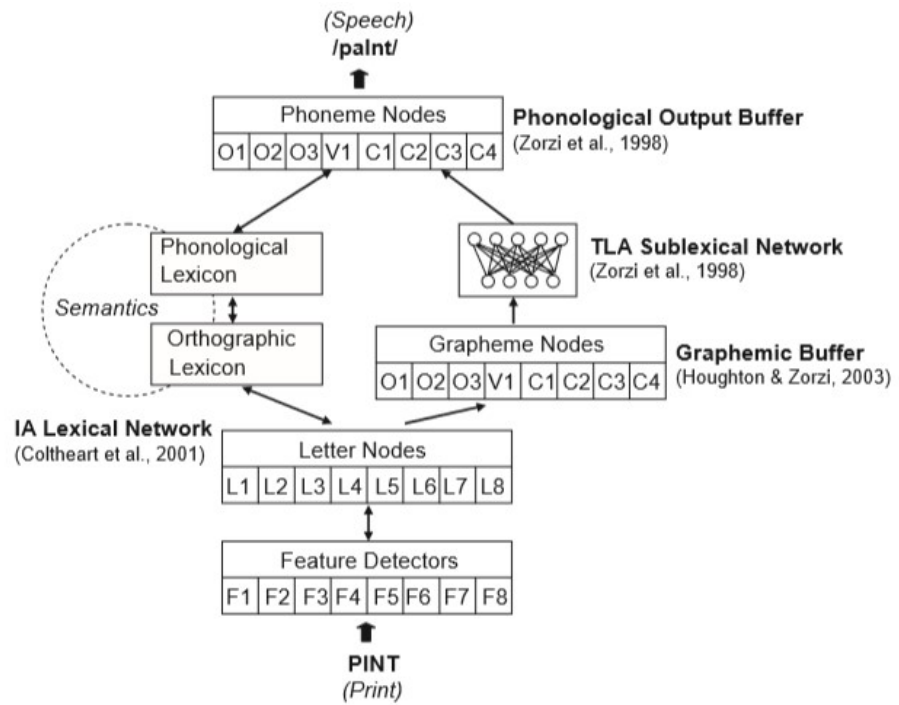


Figure 2 : Modèle DRC de Coltheart et al. (2001)



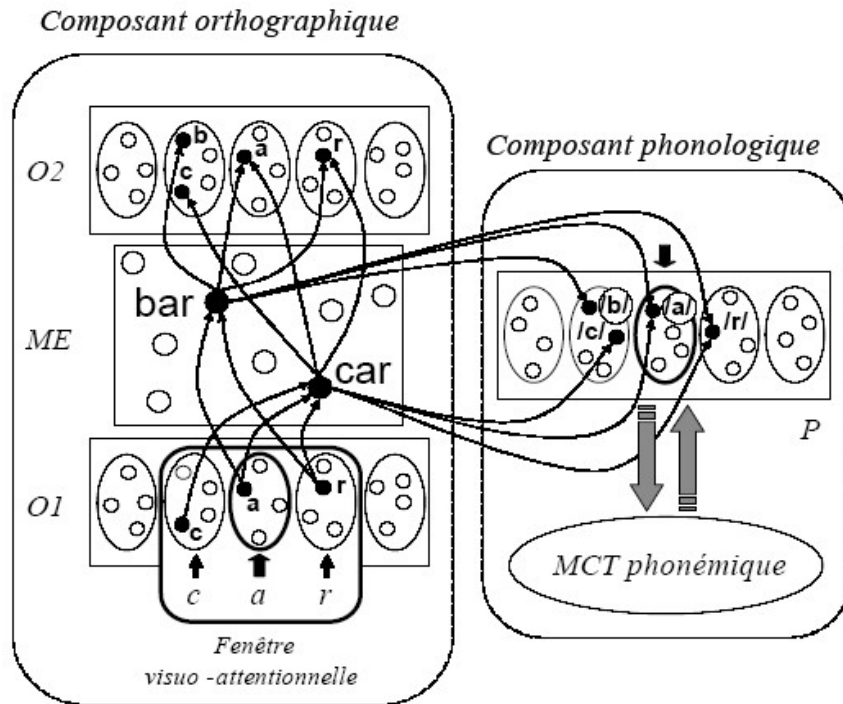
**ANNEXE 3 : Modèle Connexionniste à Processus Duel (CDP+) de Perry et al.2007**



O = onset ; V = vowel ; C = coda ; TLA = two-layer assembly ; IA = interactive activation ; L = letter ; F = feature

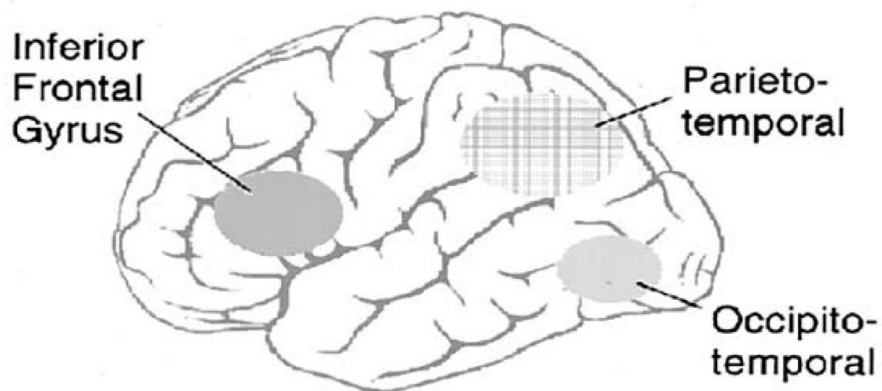
*Figure 3 : Schéma descriptif du modèle Connexionniste à Processus Duel (CDP+)*

**ANNEXE 4 : Modèle multitraces MTM (Ans et al., 1998)**



*Figure 4 : Schéma du modèle multitraces MTM (Ans et al., 1998)*

**ANNEXE 5 : Activations corticales de l'hémisphère gauche lors de la lecture de mots chez un sujet témoin (Shawitz et al., 2002)**



*Figure 5 : Schéma des régions cérébrales impliquées dans la lecture (Shawitz et al., 2002)*

## ANNEXE 6 : Critères utilisés pour la sélection des mots dans Manulex-infra

	Nb lettres	Fréquence U	COGPT
<b>Valeurs seuil</b>	inférieur à 8	supérieur à 8,02	supérieur à 74,89

	VER	PRO	PREP	NOM	DET	CONJ	ADV	ADJ
<b>Nb mots obtenus</b>	889	39	31	1150	23	15	66	315

### Exemple : déterminants obtenus selon les critères sélectionnés sur Manulex-infra

ORTHO	NBLET	U	COGPT
au	2	5361.02	98.30
aux	3	1325.54	97.22
des	3	11201.48	84.42
du	2	6991.62	100.00
la	2	25824.85	100.00
le	2	29404.72	75.90
les	3	19588.83	84.42
leur	4	839.18	82.38
leurs	5	570.69	86.43
ma	2	1041.08	100.00
mes	3	589.89	84.42
mon	3	1533.91	99.98
notre	5	248.86	84.59
sa	2	3029.44	100.00
ses	3	2352.39	84.42
son	3	3865.62	99.98
ta	2	606.49	100.00
tes	3	494.27	84.42
ton	3	1088.93	99.98
un	2	17351.62	100.00
une	3	11606.65	76.66
vos	3	139.33	93.95
votre	5	317.81	84.59

## ANNEXE 7 : Répartition des différentes classes grammaticales dans les phrases

VERB	type VERBE	PRO	type PRO	PREP	type PREF	NOM	type NOMS	DET	typeDET	CONJ	type CONJ	ADV	type ADV	ADJ	type ADJ	no/ph	
1	réveille	1	il			1	oiseaux	1	les							4	Il réveille les oiseaux.
1	choisit	1	il			1	parents	1	mes							4	Il choisit mes parents.
1	sourit	1	leur			1	canard	1	le			1	parfois			5	Le canard leur sourit parfois.
1	court	1	lui			1	poupée	1	la			1	après			5	La poupée lui court après.
1	prépare					2	reine / gâteaux	2	la / des					1	mauvais	6	La reine prépare des mauvais gâteaux.
1	préfère					2	amie / lapins	2	mon / les					1	blancs	6	Mon amie préfère les lapins blancs.
1	chasse	1	je									1	déjà			3	Je chasse déjà.
1	chante	1	je									1	fort			3	Je chante fort.
1	approche	1	toi			1	fermier	1	du					1	féroce	5	Approche-toi du fermier féroce.
1	apporte	1	moi			1	dessert	1	du					1	glacé	5	Apporte-moi du dessert glacé.
1	avait	1	il			1	crayon	1	un	2	ni ni			2	rand / blan	8	Il avait un crayon ni grand ni blanc.
1	était	1	il			1	oncle	1	un	1	mais			2	ivre / heur	7	Il était un oncle pauvre mais heureux.
1	glisse			1	sur	2	livre / jambes	2	mon / mes							6	Mon livre glisse sur mes jambes.
1	pense			1	sous	2	père / étoiles	2	son / les							6	Son père pleure sous les étoiles.
2	sais / est	1	on			1	feu	1	ton	1	que			1	sacré	7	On sait que ton feu est sacré.
2	voit / est	1	on			1	jeu	1	ton	1	que			1	précis	7	On voit que ton jeu est précis.
2	ont donné					1	hommes	1	ces			3	' jamais rien			7	Ces hommes n'ont jamais rien donné.
2	ont trouvé					1	dames	1	ces			3	toujours rien			7	Ces dames n'ont toujours rien trouvé.
2	veut / manger					2	poule / fromage	2	la / l'					1	énorme	7	La poule veut manger l'énorme fromage.
2	peut / voir					2	roupe / montagn	2	le / la					1	pointue	7	Le groupe peut voir la montagne pointue.

## ANNEXE 8 : Comparaison des données psycholinguistiques des deux pseudo-textes

	Texte A	Texte B	Nbletrr A	Nbletrr B	FréqU A	FréqU B	COGPT A	COGPT B
Mot 1	il	il	2	2	16945,93	16945,93	99,53	99,53
Mot 2	réveille	choisit	8	7	67,5	28,49	75,89	78,7
Mot 3	les	mes	3	3	19588,83	589,89	84,42	84,42
Mot 4	oiseaux,	parents	7	7	355,31	341,24	82,19	80,07
Mot 5	Le	La	2	2	29404,72	25824,85	75,9	100
Mot 6	canard	poupée	6	6	113,83	114,09	86,02	86,54
Mot 7	leur	lui	4	3	256,75	2670,02	82,38	78,05
Mot 8	sourit	court	6	5	86,14	87,72	94,11	92,47
Mot 9	parfois,	après,	7	5	195,29	146,97	93,21	95,91
Mot 10	La	Mon	2	3	25824,85	1533,91	100	99,98
Mot 11	reine	amie	5	4	105,55	106,17	81,52	79,22
Mot 12	prépare	préfère	7	7	115,4	64,12	88,02	91,74
Mot 13	des	les	3	3	11201,48	19588,83	84,42	84,42
Mot 14	mauvais	blancs,	7	6	75,63	78,69	79,51	79,34
Mot 15	gâteaux,	lapins	7	6	83,35	84,94	93,81	92,95
Mot 16	Je	Je	2	2	7726,59	7726,59	75,84	75,84
Mot 17	chasse	chante	6	6	73,33	73,51	82,29	83,42
Mot 18	déjà,	fort,	4	4	310,08	393,89	99,77	96,19
Mot 19	Approche	Apporte	8	7	78,11	74,39	88,07	86,39
Mot 20	toi	moi	3	3	1116,27	1780,39	100	100
Mot 21	du	du	2	2	6991,62	6991,62	100	100
Mot 22	fermier	dessert	7	7	92,08	88,04	79,03	76,4

## ANNEXE 9 : Formulaire d'information et de consentement



Madame, Monsieur,

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'études en orthophonie (Master 2, Université de Picardie Jules Verne), nous invitons votre enfant à prendre part à une recherche sous la direction de Franck Médina et Laurent Lesecq, orthophonistes. Cette recherche a pour but d'élaborer un test permettant de déterminer si l'augmentation de l'espacement entre les caractères dans un texte améliore les performances en lecture des enfants.

Quelques épreuves de lecture seront proposées à votre enfant et la durée totale des passations sera de 10 minutes environ. Les données seront rendues anonymes et utilisées uniquement à des fins de recherche. Par ailleurs, nous avons déclaré notre recherche à la CNIL afin de protéger ces données.

Si vous souhaitez obtenir d'autres informations concernant cette étude, vous pouvez contacter Laurène Roubot et Stessy Godefroy à l'adresse mail suivante : [memoiregodefroyroubot@gmail.com](mailto:memoiregodefroyroubot@gmail.com).

Si vous êtes d'accord, merci de remplir les renseignements suivants et de remettre le coupon ci-dessous à l'orthophoniste de votre enfant.

---

NOM et Prénom de votre enfant : .....

Date de naissance de votre enfant : ...../...../.....

Classe de votre enfant : .....

Votre enfant : *(entourez la réponse qui convient)*

- Possède-t-il le français comme langue maternelle ? OUI / NON
- A-t-il un Trouble Déficitaire de l'Attention avec ou sans Hyperactivité (TDAH) diagnostiqué? OUI / NON
- A-t-il effectué un test de Q.I. de type WISC ? OUI / NON  
Si OUI, quel score a-t-il obtenu ? .....
- A-t-il un trouble visuel ? OUI / NON  
Si OUI, nature du trouble (myopie, hypermétropie, astigmatie...) : .....
- A-t-il un trouble auditif ? OUI / NON

Je soussigné(e),....., titulaire de l'autorité parentale, accepte que mon enfant participe à cette étude et que des données soient recueillies dans le but de ce travail de recherche. J'ai également pris connaissance que son identité ne figurera sur aucun rapport et que toutes les informations seront traitées de façon confidentielle.

Signature précédée de la mention « Lu et approuvé » :

**ANNEXE 10 : Extrait de “La Belette” (Gauthier, Vidal, Lesecq et Médina, 2016)**

La belette va chasser.

Elles admirèrent les amandiers.

Ils maquillent l’actrice.

Cet appartement est charmant.

Soignés, les rhumes disparaîtront.

Elle prépare des activités.

Ils l’appelèrent amoureusement.

Range ton cartable là-bas.

Acceptes-tu d’enquêter ?

Le cro-magnon était débrouillard.

Les assiettes cassent très souvent.

Elise est guitariste et informaticienne.

Le camion transporte quelques instruments.

Regrettez-vous la réglementation antérieure ?

## **ANNEXE 11 : Extraits du pseudo-texte A standard et du pseudo-texte B espacé**

Il réveille les oiseaux. Le canard leur sourit parfois. La reine prépare des mauvais gâteaux. Je chasse déjà. Approche-toi du fermier féroce. Il avait un crayon ni grand ni blanc. Mon livre glisse sur mes jambes. On sait que ton feu est sacré. Ces hommes n'ont jamais rien donné. La poule veut manger l'énorme fromage. J'y vais souvent. Tous les jours, la neige tombe. Ma maman murmure une chanson à son amie. Debout, une vache soupire. Notre crème est assez légère. Arrête de grandir si vite. Nous dressons l'âne. Vous allumez le son. Elle annonce cette idée sans rigoler.

### **1<sup>er</sup> paragraphe du pseudo-texte A standard**

Il choisit mes parents. La poupée lui court après. Mon amie préfère les lapins blancs. Je chante fort. Apporte-moi du dessert glacé. Il était un oncle pauvre mais heureux. Son père pleure sous les étoiles. On voit que ton jeu est précis. Ces dames n'ont toujours rien trouvé. Le groupe peut voir la montagne pointue. J'en fais beaucoup. Dans le jardin, le bruit a disparu. Chaque loup invite une baleine à sa fête. Dehors, un avion avance. Votre boîte est moins lourde. Arrête de trembler si fort. Nous étalons la pâte. Vous balancez la main. Elle soulève cette table sans hésiter.

### **1<sup>er</sup> paragraphe du pseudo-texte B espacé**

## ANNEXE 12 : Résultats chez les enfants dyslexiques du CE1 au CM2

Les cases colorées en bleu foncé montrent les 18 enfants pour lesquels les performances sont améliorées grâce à l'espacement.

Enfants	Nb mots lus corrects A	Nb mots lus corrects B	Différence de mots lus corrects	Différence de mots lus corrects (%)	
CE1	1	116	127	11	9,48
	2	35	47	12	34,28
	3	43	50	7	16,27
	4	66	66	0	0
	5	62	45	-17	-27,41
	6	72	60	-12	-16,66
	7	101	83	-18	-17,82
	8	13	15	2	15,38
	9	30	45	15	50
	10	39	58	19	48,71
	11	115	116	1	0,86
	12	65	66	1	1,53
	13	103	102	-1	-0,97
	14	41	37	-4	-9,75
CE2	1	111	116	5	4,50
	2	68	74	6	8,82
	3	157	150	-7	-4,45
	4	334	353	19	5,68
	5	142	172	30	21,12
CM1	1	67	76	9	13,43
	2	242	286	44	18,18
CM2	1	229	258	29	12,66
	2	124	126	2	1,61
	3	217	217	0	0
	4	249	264	15	6,02
	5	320	325	5	1,56

Tableau 9 : Données sur le nombre de mots lus corrects chez les enfants dyslexiques



## Table des illustrations

### Tableaux

Tableau 1 : Répartition des classes grammaticales au sein de chaque pseudo-texte.....	30
Tableau 2 : Données démographiques des enfants ayant participé à l'équivalence des pseudo-textes.....	31
Tableau 3 : Critères d'inclusion et d'exclusion de notre population.....	34
Tableau 4 : Données démographiques des enfants tout-venant en CE1.....	35
Tableau 5 : Données démographiques des enfants dyslexiques.....	36
Tableau 6 : Equivalence de chaque paragraphe des pseudo-textes A et B.....	41
Tableau 7 : Tableau montrant une amélioration du score Z chez certains enfants dyslexiques lors de la lecture du pseudo-texte B espacé.....	48
Tableau 8 : Corrélations entre les résultats de La Belette et des pseudo-textes.....	49
Tableau 9 : Données sur le nombre de mots lus corrects chez les enfants dyslexiques..	86

### Graphiques

Graphique 1 : Nombre total de mots lus en 3 minutes pour chacun des pseudo-textes..	42
Graphique 2 : Nombre d'erreurs en 3 minutes pour chacun des pseudo-textes.....	42
Graphique 3 : Nombre de mots correctement lus pour chacun des pseudo-textes.....	43
Graphique 4 : Nombre de mots correctement lus selon l'ordre de présentation des pseudo-textes.....	44
Graphique 5 : Nombre de mots lus correctement par les enfants tout-venant en CE1...	45
Graphique 6 : Nombre de mots lus correctement par les enfants en CE1 ayant des performances inférieures au centile 8 à La Belette.....	45
Graphique 7 : Nombre de mots lus correctement par les enfants dyslexiques en CE1.....	46
Graphique 8 : Nombre de mots lus correctement par les enfants dyslexiques du CE2 au CM2.....	47
Graphique 9 : Différence en pourcentage de mots lus correctement par les enfants dyslexiques lorsque l'espacement est augmenté.....	47
Graphique 10 : Nombre de mots lus correctement par chaque enfant selon différents examinateurs.....	49

## Figures

Figure 1 : Schéma des étapes de l'apprentissage de la lecture selon Frith (1985).....	77
Figure 2 : Modèle DRC de Coltheart et al. (2001).....	78
Figure 3 : Schéma descriptif du modèle Connexionniste à Processus Duel (CDP+).....	79
Figure 4 : Schéma du modèle multitraces MTM (Ans et al., 1998).....	80
Figure 5 : Schéma des régions cérébrales impliquées dans la lecture (Shawitz et al., 2002) .....	80

## RESUME

**Titre** « Elaboration et validation d'un test de lecture évaluant l'effet d'encombrement visuel ».

Notre étude consistait à créer un test permettant de déterminer si l'augmentation de l'espacement des caractères d'un texte améliore les performances en lecture des enfants dyslexiques. Le test est constitué de deux pseudo-textes équivalents, l'un ayant un espacement standard et l'autre ayant un espacement augmenté. Ils ont été construits grâce à la base de données Manulex-infra afin de contrôler la longueur, la fréquence et la consistance grapho-phonologique des mots les composant. Nous avons d'abord vérifié l'équivalence des deux pseudo-textes créés auprès de 39 élèves de CE1. Puis, nous avons étudié l'effet d'encombrement visuel en augmentant l'espacement du pseudo-texte B auprès de 55 enfants tout-venant en CE1 ainsi que 26 enfants dyslexiques scolarisés du CE1 au CM2. Les données récoltées étaient le nombre de mots correctement lus en trois minutes pour l'épreuve préliminaire de La Belette et chacun des pseudo-textes. Nos résultats suggèrent que les enfants tout-venant ont des performances significativement moins bonnes lors de la lecture du pseudo-texte dont l'espacement est augmenté. Au contraire, certains enfants dyslexiques bénéficient de l'augmentation de l'espacement des caractères.

**Mots-clés** : lecture, dyslexie, encombrement visuel, espacement, test.

## ABSTRACT

**Title** « Creation and validation of a reading test evaluating crowding ».

The aim of our study was to create a test to determine if increasing inter-letter spacing improves reading performances of dyslexic children. The test is composed of two equivalent pseudo-texts, one with standard spacing and the other with increased spacing. They were built using the Manulex-infra database to control length, frequency and grapho-phonological consistency of the words which compose them.

We first checked the equivalence of the two created pseudo-texts with 39 CE1 students. Then, we studied the crowding by increasing the spacing of pseudo-text B with 55 CE1 children as well as 26 dyslexic CE1 to CM2 children. The data collected were the amount of words correctly read in three minutes for each pseudo-text and the preliminary test of La Belette.

Our results suggest that typical readers perform significantly worse when reading the pseudo-text with increased spacing. On the contrary, some dyslexic children benefit from the increased inter-letter spacing.

**Keywords**: reading, dyslexia, crowding, spacing, test.

Nombre de pages du mémoire : 89

Nombre de références bibliographiques : 100