



THESE

En vue de l'obtention du titre de
DOCTEUR D'AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ

Délivré par : *Aix-Marseille Université*

Mention : *Sciences du langage*

Ambre DENIS-NOËL

Interactions entre langage oral et langage écrit lors du traitement de mots isolés et de phrases

Comparaison d'adultes dyslexiques et normo-lecteurs

École doctorale :

Cognition, Langage, Éducation (ED 356)

Unités de recherche :

Laboratoire Parole et Langage (UMR7309), Aix-Marseille Université & CNRS

Laboratoire de Psychologie Cognitive (UMR7290), Aix-Marseille Université & CNRS

Présentée le 13 décembre 2018, devant un jury composé de :

Séverine Casalis, PR, Université de Lille, France

Rapporteur

Bernard Lété, PR, Université Lumière Lyon 2, France

Rapporteur

Fabienne Chetail, PR, Université Libre de Bruxelles, Belgique

Examineur

Pascale Colé, PR, Aix-Marseille Université, France

Co-directrice de thèse

Chotiga Pattamadilok, DR, CNRS, Aix-Marseille Université, France

Directrice de thèse

*La volonté aboutit à un ajournement, l'utopie ;
la science aboutit à un doute, l'hypothèse.*

Victor Hugo

Remerciements

Résumé

L'objectif de ce travail est d'examiner les interactions entre représentations orthographiques et phonologiques lors du traitement du langage chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs de niveau universitaire. Ces interactions ont été examinées à la fois en modalité orale et en modalité écrite, en traitement de mots isolés et de phrases. Nous avons manipulé la consistance orthographique et phonologique des mots-cibles en modalité orale et écrite, respectivement. Dans une première expérience (Chapitre 5), nous avons examiné l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de mots parlés ainsi que le décours temporel de cette influence via la manipulation de la consistance orthographique des mots-cibles. Dans cette expérience, nous avons enregistré l'activité EEG des participants tandis qu'ils effectuaient une tâche de décision lexicale auditive. Dans une seconde expérience (Chapitre 6), nous proposons d'examiner l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations orthographiques. Nous avons repris les mêmes mots-cibles que ceux utilisés en tâche de décision lexicale auditive et les avons insérés dans des phrases les rendant prédictibles, neutres, ou incohérents. Les participants avaient pour consigne d'écouter les phrases dans le but de les comprendre tandis que nous enregistrions leurs activités EEG. Dans une troisième expérience (Chapitre 7), nous avons étudié l'influence des représentations phonologiques ainsi que son décours temporel lors de la reconnaissance de mots écrits via la manipulation de la consistance phonologique des mots-cibles. Dans cette expérience, nous avons enregistré les mouvements oculaires des participants tandis qu'ils effectuaient une tâche de décision lexicale visuelle. Enfin, dans une quatrième expérience (Chapitre 8), nous avons examiné l'impact de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques. Nous avons repris les mêmes mots-cibles que ceux utilisés dans la tâche de décision lexicale visuelle et les avons inséré dans des phrases les rendant prédictibles, neutres, ou incohérents. Les participants avaient pour consignes de lire les phrases dans le but de les comprendre tandis que nous enregistrions leurs mouvements oculaires.

En modalité auditive, les résultats montrent que les deux populations sont influencées par les représentations orthographiques des mots parlés. En traitement de mots isolés, cette influence est retardée chez les individus dyslexiques par rapport aux normo-lecteurs. En traitement de phrases, les normo-lecteurs semblent s'appuyer sur les représentations orthographiques lors de la désambiguïsation des représentations

phonologiques du mot perçu. Les individus dyslexiques en revanche montrent une influence des représentations orthographiques uniquement lorsque le contexte phrastique permet la pré-activation des diverses représentations associées aux mots. En modalité visuelle, les résultats montrent également que les deux populations sont influencées par les représentations phonologiques des mots écrits. En traitement de mots isolés, cette influence est également plus tardive chez les individus dyslexiques que chez les normo-lecteurs. En traitement de phrases en revanche, les deux populations sont influencées par les représentations phonologiques de manière précoce, quel que soit le degré de prédictibilité du contexte phrastique. Ce pattern de résultats suggère qu'en lecture de phrases, les individus dyslexiques s'appuient sur le contexte sémantique afin de pallier à leurs déficits des traitements phonologiques.

Les résultats obtenus dans ce travail de thèse suggèrent l'existence de connexions bidirectionnelles entre orthographe et phonologie qui influenceraient le traitement du langage à l'oral comme à l'écrit, chez les deux populations. Toutefois, en traitement de mots isolés, cette influence est plus tardive chez les adultes dyslexiques que chez les normo-lecteurs. Par ailleurs en lecture de phrases, les individus dyslexiques semblent s'appuyer sur des mécanismes de compensations afin d'atteindre un niveau de performances similaire à celui des normo-lecteurs. En compréhension de phrases auditives, les représentations orthographiques semblent influencer différents stades de traitement chez les deux populations. Dans la Discussion générale (Partie 3), les résultats obtenus sont discutés en rapport avec le modèle connexionniste en triangle développé par Harm et Seidenberg (2004).

Abstract

The aim of the present thesis is to examine the interactions between the orthographic and phonological representations during language processing in university students with and without dyslexia. These interactions were examined in the spoken and written modalities, both in isolated word and sentence processing. We manipulated the orthographic and phonological consistency of the target words in the auditory and visual modalities, respectively. In a first experiment (Chapter 5), we examined the influence of the orthographic representations and the time-course of this influence on spoken word processing by manipulating the orthographic consistency of the target words. In this study, we recorded participants' EEG while they performed an auditory lexical decision task. In a second experiment (Chapter 6), we examined the impact of context predictability on the contribution of orthographic representations. We used the same target words as in the auditory lexical decision task and inserted them into sentences in which they were either predictable, neutral, or incoherent. The participants were asked to listen to the sentences for comprehension while we recorded their EEG. In a third experiment (Chapter 7), we examined the influence of phonological representations and the time-course of this influence during written word recognition by manipulating the phonological consistency of the target words. In this experiment, we recorded participants' eye-movements while they performed a visual lexical decision task. Finally, in a fourth experiment (Chapter 8), we examined the impact of context predictability on the contribution of the phonological representations. We used the same target words as in the visual lexical decision task and inserted them into sentences in which they were either predictable, neutral, or incoherent. The participants had to read the sentences for comprehension while we recorded their eye-movements.

In the auditory modality, we found that both populations were influenced by the orthographic representations of the spoken words. In isolated word processing, this influence was delayed in dyslexic participants compared to skilled readers. In sentence processing, skilled readers seemed to rely on orthographic representations only when they need to disambiguate the phonological representations provided by the input. By contrast, the dyslexic participants were found to be influenced by orthographic representations only when the sentence context allowed the pre-activation of the different representations associated to the target word. In the visual modality, again the results showed that both

populations were influenced by the phonological representations of the written words. As in spoken modality, in isolated word processing this influence was delayed in dyslexic participants compared to skilled readers. However, in sentence processing, both populations were influenced by the phonological representations during the early stages of visual word recognition, regardless of the predictability degree of the sentence context. This suggests that, during sentence reading, dyslexic readers used the semantic context in order to compensate for their phonological processing deficits.

The results obtained in this thesis suggest the existence of bidirectional connections between orthography and phonology that influence both spoken and written language processing in the two populations. Nevertheless, in isolated word processing this influence was delayed in dyslexic adults compared to skilled readers. Furthermore, during sentence reading dyslexic readers seemed to draw on compensatory mechanisms in order to achieve similar reading performances than skilled readers. In spoken sentence comprehension, the orthographic representations seem to influence different processing stages in each population. In the general discussion (Part 3), the results are discussed in light of the connectionist triangle model proposed by Harm and Seidenberg (2004).

Table des matières

Remerciements	v
Résumé	vii
Abstract.....	ix
Table des matières	xi
Introduction générale	1
PARTIE 1. Cadre Théorique.	
Chapitre 1. La reconnaissance de la parole: traitement de mots isolés et traitement de phrases.....	11
1. La reconnaissance de mots et de phrases parlés chez l'individu au développement typique.....	12
1.1. Le modèle de la Cohorte	12
1.2. Le modèle TRACE	16
1.3. L'influence du contexte sémantique	20
2. La reconnaissance de mots et de phrases parlés chez l'individu dyslexique	23
2.1. Une définition de la dyslexie	23
2.2. La reconnaissance des mots parlés.....	26
2.3. L'influence du contexte sémantique	29
3. En résumé.....	32
Chapitre 2. L'influence des représentations orthographiques sur le traitement de mots et de phrases parlés	35
1. L'influence de l'orthographe sur le traitement de la parole chez le lecteur expert	36
1.1. L'influence de l'acquisition d'un système d'écriture alphabétique sur les traitements phonologiques.....	36
1.2. L'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités sous-lexicales.....	38
1.3. L'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités lexicales.....	40
1.4. La nature de l'influence des représentations orthographiques	46

2.	L'influence de l'orthographe sur le traitement de la parole chez l'individu dyslexique.....	49
2.1.	L'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités sous-lexicales.....	50
2.2.	L'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités lexicales.....	52
3.	En résumé.....	54
Chapitre 3.	La reconnaissance des mots écrits : traitement de mots isolés et traitement de phrases.....	57
1.	La lecture de mots et de phrases chez le lecteur expert.....	59
1.1.	L'Hypothèse de la Qualité Lexicale.....	59
1.2.	Le modèle à double voie en cascade.....	62
1.3.	Le modèle connexionniste en triangle.....	65
1.4.	Le modèle du lecteur E-Z.....	69
1.5.	L'influence du contexte sémantique.....	71
2.	La lecture de mots et de phrases chez l'individu dyslexique.....	78
2.1.	Les déficits des associations grapho-phonémiques.....	78
2.2.	La reconnaissance des mots écrits.....	80
2.3.	L'influence du contexte sémantique.....	83
3.	En résumé.....	86
Chapitre 4.	L'influence des représentations phonologiques en lecture de mots isolés et de phrases.....	89
1.	L'influence de la phonologie pendant la lecture de mots isolés et de phrases chez le lecteur expert.....	89
1.1.	Le décours temporel de l'activation des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques.....	90
1.2.	L'influence des représentations phonologiques en lecture de mots isolés.....	92
1.3.	L'influence des représentations phonologiques en lecture de phrases.....	95
1.4.	Les effets de consistance phonologique en lecture de mots isolés.....	98
2.	L'influence de la phonologie pendant la lecture de mots isolés et de phrases chez le lecteur dyslexique.....	100
2.1.	Le décours temporel de l'activation des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques.....	101

2.2. La régularité des règles de conversion grapho-phonémiques et la consistance phonologique en lecture de mots isolés.....	104
3. En résumé.....	107
Résumé des objectifs	111
PARTIE 2. Études expérimentales.	
Chapitre 5. L'influence des représentations orthographiques sur le traitement de mots parlés	
1. Introduction	121
1.1. Cadre théorique	121
1.2. Les marqueurs EEG du traitement des mots parlés.....	124
1.3. Hypothèses & prédictions	126
2. Méthode	127
2.1. Participants	127
2.2. Matériel.....	128
2.3. Procédure.....	130
2.4. Analyse des données comportementales	131
2.5. Analyse des données EEG	132
3. Résultats.....	134
3.1. Analyse des données comportementales	134
3.2. Analyse des données EEG	135
3.3. Analyse des corrélations.....	136
4. Discussion.....	140
5. Conclusion.....	146
Chapitre 6. L'influence des représentations orthographiques en compréhension de phrases orales	
1. Introduction	149
1.1. Cadre théorique	149
1.2. Les marqueurs temps-fréquences du traitement du langage oral.....	151
1.3. Hypothèses & prédictions	153
2. Méthode	156
2.1. Participants	156
2.2. Matériel.....	156

2.3.	Procédure.....	159
2.4.	Analyse des données EEG	160
3.	Résultats.....	162
3.1.	L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible	162
3.2.	L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations orthographiques	165
4.	Discussion.....	168
4.1.	L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible	168
4.2.	L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations orthographiques	171
5.	Conclusion.....	173

Chapitre 7. L'influence des représentations phonologiques sur le traitement de mots

écrits.....	175	
1.	Introduction	175
1.1.	Cadre théorique	175
1.2.	Les marqueurs de la lecture de mots en mouvements oculaires	179
1.3.	Hypothèses & prédictions	181
2.	Méthode	183
2.1.	Participants	183
2.2.	Matériel.....	183
2.3.	Procédure.....	185
2.4.	Analyses et prétraitements.....	186
3.	Résultats.....	189
3.1.	Comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs	189
3.2.	Exploration des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs ..	193
4.	Discussion.....	197
4.1.	L'activation des représentations phonologiques chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs.....	197
4.2.	Exploration des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs ..	200
5.	Conclusion.....	202

Chapitre 8. L'influence des représentations phonologiques en compréhension de phrases écrites.....	205
1. Introduction	205
1.1. Cadre théorique	205
1.2. Les marqueurs de la lecture de phrase en mouvements oculaires	210
1.3. Hypothèses & prédictions	213
2. Méthode	217
2.1. Participants	217
2.2. Matériel.....	218
2.3. Procédure.....	219
2.4. Analyses et prétraitements.....	221
3. Résultats.....	223
3.1. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs.....	223
3.2. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs.....	228
3.3. Exploration de l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible en fonction des différences interindividuelles des normo-lecteurs	232
3.4. Exploration de l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques en fonction des différences interindividuelles des normo-lecteurs	237
4. Discussion.....	243
4.1. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs.....	244
4.2. Exploration de l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique en fonction des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs	250
5. Conclusion.....	254
 PARTIE 3. Discussion générale.	
 Discussion & Perspectives.....	259
1. Les connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique en traitement de mots isolés	261

1.1. Chez les normo-lecteurs	262
1.2. Chez les individus dyslexiques.....	266
2. L'influence du contexte phrastique sur les connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique.....	268
2.1. Chez les normo-lecteurs	268
2.2. Chez les individus dyslexiques.....	271
3. Limites et perspectives	272
Conclusion générale.....	275
Références.....	277
Annexe A.....	309
Annexe B.....	310
Annexe C	314
Annexe D	315
Annexe E.....	316

Introduction générale

D'un point de vue phylogénétique et ontogénétique, le développement du langage oral précède celui du langage écrit. Le langage oral humain dit « moderne » est considéré comme une capacité universelle estimée à environ 150 000 – 250 000 ans (Perreault & Mathew, 2012). Son émergence a été rendue possible grâce à des évolutions physiologiques – telle que la taille du tractus vocal et la position de la langue (Lieberman, 2007) – et neurobiologiques qui ont permis le développement des fonctions cognitives et des substrats cérébraux nécessaires au langage parlé (Tattersall, 2009). Son acquisition par le très jeune enfant est considérée comme naturelle, spontanée, et très précoce (Teinonen, Fellman, Näätänen, Alku, & Huotilainen, 2009) : dès la naissance, chez l'individu au développement typique, les réseaux corticaux impliqués dans le traitement du langage oral sont comparables à ceux observés chez l'adulte (Dehaene-Lambertz et al., 2006) ; et dès 6 à 9 mois, l'enfant est capable de reconnaître environ 17 mots fréquents de sa langue maternelle et de leur attribuer du sens (Bergelson & Swingley, 2012).

En revanche, l'acquisition du langage écrit est considérée comme non naturelle (Bidaud & Megherbi, 2005; Fayol, 2017) et nécessitant une longue période d'apprentissage. Tandis que le développement du langage oral s'effectue de manière spontanée, celui du langage écrit est beaucoup plus tardif et requiert un enseignement explicite. Un système d'écriture est une invention culturelle qui, au niveau phylogénétique et comparativement à l'émergence du langage oral, est très récente. Les premières traces d'écriture sont datées d'environ 5 400 ans (Powell, 2012) et à l'heure actuelle, bien que la manipulation d'un système d'écriture soit souvent nécessaire pour garder trace de transactions commerciales par exemple, dans certaines sociétés, l'usage de l'écrit reste confiné à quelques individus (Bidaud & Megherbi, 2005; Goody, 1977). De récentes enquête menées par l'UNESCO révèlent qu'environ 15% des individus âgés de 15 ans et 24% des individus âgés de 65 ans ou plus sont illettrés (Huettig, Kolinsky, & Lachmann, 2018; UNESCO, 2016). La littérature recense environ 7000 langues orales dans le monde et seulement une cinquantaine de systèmes d'écriture (Tournadre, 2014). En neurosciences cognitive, les travaux de Dehaene et collaborateurs montrent qu'aucune région du cerveau humain n'est initialement dédiée au traitement du langage écrit (Dehaene et al., 2010). Les capacités à lire et à écrire s'établissent dans le cerveau de l'individu grâce à un apprentissage long et une pratique intensive. Certains auteurs postulent que l'apprentissage de la lecture induirait un

« recyclage neuronal » (Dehaene & Dehaene-Lambertz, 2016): l'écriture serait un objet culturel réutilisant des réseaux cérébraux préexistants et conduisant à la spécialisation d'aires corticales initialement dédiées à d'autres fonctions cognitives comme la reconnaissance des visages ou des objets domestiques (Dehaene, 2005; Dehaene, Cohen, Morais, & Kolinsky, 2015).

Un système d'écriture étant avant tout un système de retranscription visuelle de la parole, il ne semble pas étonnant que de nombreuses études constatent que la stabilité des représentations mentales recrutées lors du traitement du langage oral ainsi que la facilité de leur accès influencent les traitements engagés dans l'activité en lecture (van Viersen et al., 2018). Chez l'apprenti lecteur, deux procédures principales de lecture sont traditionnellement décrites : le décodage (phonologique) du mot et la reconnaissance de sa forme orthographique. Le décodage permet d'activer les représentations phonologiques des mots connus oralement via l'application séquentielle (i.e., pour chaque graphème) des règles de conversion grapho-phonémiques. Lorsque la forme écrite du mot est familière, le lecteur peut reconnaître le mot directement grâce à son orthographe, activant de manière rapide et automatique les représentations lexicales orthographiques via le traitement parallèle des lettres (Grainger, Lété, Bertrand, Dufau, & Ziegler, 2012; Sauval, Perre, & Casalis, 2017). Par la suite, les lecteurs experts ont moins systématiquement recours à la procédure de décodage et peuvent reconnaître les mots directement à partir de leurs formes orthographiques. Cependant, de nombreuses études montrent que les représentations phonologiques des mots sont activées de manière rapide et automatique lors de la lecture (Pattamadilok et al., 2017; Wheat, Cornelissen, Frost, & Hansen, 2010).

À l'inverse, la plupart des modèles traditionnels spécifiquement dédiés au traitement de la parole (Luce & Pisoni, 1998; Marslen-Wilson, 1987; McClelland & Elman, 1986) ne conçoivent pas l'engagement de représentations orthographiques lors du traitement du langage oral, ce qui est probablement en partie dû au fait que l'apprentissage de la lecture intervient de manière relativement tardive dans le développement cognitif de l'enfant. Cependant, apprendre à lire modifie l'organisation fonctionnelle du cerveau et des processus cognitifs associés au traitement du langage oral (Castro-Caldas, Petersson, Reis, & Stone-Elander, 1998; Dehaene et al., 2010, 2015). Bien que l'influence du recrutement des représentations orthographiques lors du traitement de la parole soit encore débattue (Cutler, Treiman, & van Ooijen, 2010), de nombreuses études ayant examiné le traitement de mots isolés montrent que – tout du moins sous certaines conditions – les lecteurs experts activent

les représentations orthographiques de manière irrépressible et inconsciente lors de la reconnaissance de mots parlés, même lorsque ce n'est pas pertinent pour réaliser la tâche (Pattamadilok, Morais, Colin, & Kolinsky, 2014; Pattamadilok, Perre, Dufau, & Ziegler, 2009; Ziegler, Ferrand, & Montant, 2004). Par conséquent, certains auteurs ont suggéré l'existence de connexions bidirectionnelles entre représentations orthographiques et phonologiques influençant tous les stades de traitement du langage, à l'oral comme à l'écrit (Grainger & Ferrand, 1996; Grainger & Ziegler, 2008; McClelland, Mirman, Bolger, & Khaitan, 2014; Pattamadilok et al., 2017; Stone, Vanhoy, & Van Orden, 1997).

Chez l'individu dyslexique, l'automatisme des associations entre graphèmes et phonèmes est déficitaire, chez l'enfant (Blau et al., 2010) comme chez l'adulte (Blau, van Atteveldt, Ekkebus, Goebel, & Blomert, 2009), ce qui entraîne d'importantes difficultés en lecture. Comparativement aux études réalisées chez les enfants et les adolescents, assez peu d'études se sont intéressées aux conséquences de la dyslexie à l'âge adulte. Les recherches conduites sur cette population montrent un déficit systématique de la reconnaissance des mots écrits et des compétences phonologiques (Swanson, 2012), ce qui engendre – en plus des difficultés en lecture – d'importantes difficultés dans des tâches orales ou écrites impliquant les traitements phonologiques. Malgré cette persistance de l'instabilité des liens entre graphèmes et phonèmes, peu d'études se sont intéressées aux influences mutuelles des représentations orthographiques et phonologiques chez cette population, d'autant moins à chez l'adulte pour qui les troubles cognitifs et les habiletés de lecture sont stabilisés.

Par ailleurs, chez les normo-lecteurs tout comme chez les dyslexiques, la très grande majorité des travaux examinant les influences réciproques entre orthographe et phonologie s'est concentrée sur le traitement de mots isolés. Cependant en situation naturelle de traitement du langage, l'individu est davantage confronté au traitement de phrases. Il semble donc important d'examiner si les conclusions tirées sur la base des résultats obtenus en traitement de mots isolés sont généralisables à des situations plus écologiques de traitement du langage comme la lecture de phrases.

L'objectif des travaux de cette thèse est d'étudier les interactions entre les représentations phonologiques et orthographiques du langage chez les étudiants dyslexiques et normo-lecteurs de niveau universitaire. Ces interactions ont été étudiées avec différentes tâches impliquant la reconnaissance de la parole et de l'écrit. Nous proposons d'étudier comment les représentations orthographiques influencent la façon dont les individus

dyslexiques et les normo-lecteurs traitent la parole ; et inversement dans chaque population, comment les représentations phonologiques influencent la reconnaissance des mots écrits. Par ailleurs, l'un des points innovant de ce travail de recherche est l'étude de l'impact du contexte phrastique sur les interactions entre orthographe et phonologie (cf. Figure A). Il a été montré que l'information sémantique issue du contexte dans lequel se trouvent les mots influence la facilité avec laquelle ces mots sont reconnus, lors de la compréhension de la parole (Hagoort, 2016) comme lors de la lecture (Sereno, Hand, Shahid, Yao, & O'Donnell, 2018). En situation naturelle de traitement du langage, les mots sont le plus souvent insérés dans des phrases. Étudier les interactions entre langage oral et langage écrit lors de la compréhension de phrases nous permet d'examiner si les résultats observés lors du traitement de mots isolés sont généralisables à un contexte plus écologique de traitement du langage. De plus, les participants dyslexiques recrutés lors de cette étude sont tous engagés au sein d'un cursus universitaire et sont donc susceptibles d'avoir développé des stratégies compensatoires leur permettant de pallier aux déficits des traitements phonologiques qu'ils éprouvent. Ceci nous permet d'étudier l'impact des déficits des traitements phonologiques ainsi que des possibles mécanismes de compensation mis en place par ces individus sur les interactions entre les représentations phonologiques et orthographiques.

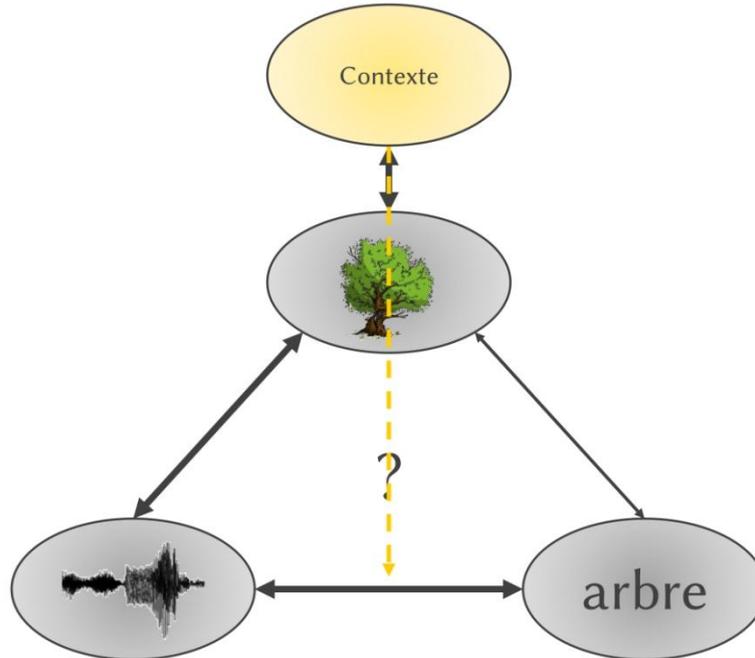


Figure A : Représentation schématique des différents types de représentation impliqués dans le traitement du langage et des connexions qui les unissent. Les ovales gris représentent les différentes modalités (phonologiques, orthographiques, et sémantiques) de l'information langagière. Les flèches grises représentent les connexions bidirectionnelles qui unissent ces différents types de représentation. L'ovale en jaune représente le contexte phrastique dans lequel un mot est inséré. La flèche jaune représente ce que nous proposons d'examiner dans ce travail de thèse : la possible influence du contexte phrastique sur les interactions entre orthographe et phonologie.

Le présent manuscrit est organisé comme suit. La **Partie 1 (Cadre théorique)** est divisée en 4 chapitres. Dans le **Chapitre 1**, nous exposerons deux des modèles théoriques spécifiquement dédiés au traitement du langage oral chez le lecteur expert. 1) Le modèle de la Cohorte (Marslen-Wilson, 1987; Marslen-Wilson & Tyler, 1980; Marslen-Wilson & Welsh, 1978) qui est principalement basé sur des processus de traitement de nature *bottom-up*. 2) Le modèle TRACE (McClelland & Elman, 1986; McClelland et al., 2014; McClelland, Mirman, & Holt, 2006) qui lui est souvent opposé, basé sur des processus de traitement de nature à la fois *top-down* et *bottom-up*. Nous présenterons ensuite les études discutant de l'influence du contexte sémantique sur la reconnaissance des mots parlés chez les normo-lecteurs, puis nous synthétiserons les connaissances actuelles sur la reconnaissance de la parole, en traitement de mots isolés et en traitement de phrases, chez l'individu dyslexique. Dans le **Chapitre 2**, nous présenterons brièvement les études examinant l'influence de l'acquisition d'un système d'écriture alphabétique sur les traitements phonologiques impliqués dans le traitement de la parole. Nous exposerons ensuite les travaux s'intéressant à l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de la parole – notamment via la manipulation de la consistance orthographique – chez les normo-lecteurs, puis chez les individus dyslexiques. Dans le **Chapitre 3**, nous discuterons quatre modèles théoriques spécifiquement dédiés au traitement du langage écrit. 1) Le modèle de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (Perfetti & Hart, 2002; Perfetti, Landi, & Oakhill, 2005; Perfetti & Stafura, 2014; Perfetti, Yang, & Schmalhofer, 2008) qui propose un cadre général de la lecture intégrant à la fois les capacités de compréhension en lecture, de reconnaissance des mots écrits, et les capacités relatives au langage oral. 2) Le modèle à double voie (Coltheart, 1978, 2006; Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001) qui est particulièrement influent dans le domaine de l'évaluation cognitive et neuropsychologique de la lecture. 3) Le modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 1999, 2004; Plaut, 1999; Seidenberg, 2005, 2007; Seidenberg & McClelland, 1989) qui est l'un des plus influents dans le domaine de la recherche sur les processus cognitifs et neuronaux impliqués dans la lecture. 4) Le modèle du lecteur E-Z (Reichle, 2011; Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2003; Reichle, Warren, & McConnell, 2009; Sheridan & Reichle, 2016) qui se propose de modéliser les différents stades du contrôle des mouvements oculaires impliqués dans la lecture de phrases ou de textes. Nous présenterons ensuite les études examinant l'influence du contexte sémantique sur les traitements impliqués dans la reconnaissance des mots chez les normo-lecteurs. Puis nous exposerons plusieurs études examinant l'impact des déficits des traitements phonologiques et orthographiques des individus dyslexiques sur l'intégration des associations grapho-

phonémiques, sur la reconnaissance de mots isolés, et sur la lecture de phrases. Dans le **Chapitre 4**, nous présenterons les travaux ayant étudié le décours temporel des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques, puis ceux ayant examiné l'impact des représentations phonologiques lors de la lecture, et plus particulièrement l'influence de la consistance phonologique ; d'abord chez l'individu normo-lecteur, puis chez l'individu dyslexique.

La **Partie 2 (Études expérimentales)** regroupe les chapitres 5 à 8 qui exposent les différentes expériences effectuées au cours de cette thèse. Le **Chapitre 5** propose d'examiner l'influence des représentations orthographiques sur le traitement des mots parlés chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. Cette question a été examinée avec une tâche de décision lexicale auditive dans laquelle nous avons manipulé la consistance orthographique des mots. Afin d'étudier l'influence des représentations orthographiques ainsi que le décours temporel de cette influence, nous avons enregistré les réponses comportementales et électrophysiologiques des participants. Dans le **Chapitre 6**, nous proposons d'examiner chez les mêmes groupes de participants la façon dont le contexte phrastique peut moduler la contribution des représentations orthographiques lors du traitement des mêmes mots-cibles que ceux utilisés dans la tâche de décision lexicale présentée dans le Chapitre 5. Cette question a été examinée via l'enregistrement des réponses électrophysiologiques des participants lors d'une tâche de compréhension de phrases orale dans laquelle la prédictibilité du mot-cible a été manipulée. L'utilisation des mêmes mots-cibles que ceux utilisés en tâche de décision lexicale avait pour but de permettre de comparer l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de mots présentés en isolation et en contexte phrastique. Dans le **Chapitre 7**, nous discutons de l'influence des représentations phonologiques sur le traitement des mots écrits en présentant une tâche de décision lexicale visuelle dans laquelle nous avons manipulé la consistance phonologique des mots. Dans cette tâche, nous avons enregistré le taux de réponses correctes ainsi que les mouvements oculaires des participants, ce qui nous permet d'examiner l'activation des représentations phonologiques et le décours temporel de cette activation lors du traitement visuel de mots isolés. Dans le **Chapitre 8**, nous proposons d'examiner la façon dont le contexte phrastique peut moduler la contribution des représentations phonologiques lors du traitement des mêmes mots-cibles que ceux utilisés dans la tâche de décision lexicale présentée dans le Chapitre 7. Nous avons enregistré les mouvements oculaires des participants tandis qu'ils effectuaient une tâche de

compréhension de phrases écrites dans laquelle la prédictibilité du mot-cible a été manipulée. Tout comme en modalité auditive, l'utilisation des mêmes mots-cibles que ceux utilisés en tâche de décision lexicale avait pour but de comparer l'influence des représentations phonologiques sur le traitement de mots présentés en isolation et en contexte phrastique.

La **Partie 3 (Discussion générale)** propose de synthétiser les principaux résultats obtenus lors de cette thèse et de les mettre en lien avec les prédictions faites par le modèle connexionniste en triangle développé par Seidenberg et collaborateurs (Cox, Seidenberg, & Rogers, 2015; Harm & Seidenberg, 1999, 2004, Seidenberg, 2005, 2007) en examinant 1) la façon dont le poids des connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique, est modulé par les capacités orthographiques et phonologiques des individus, et 2) si le poids des connexions entre représentations orthographiques et phonologiques est modulé par la prédictibilité du contexte phrastique, dans chacune des deux populations. Enfin nous proposons également quelques perspectives de recherche.

PARTIE 1.

Cadre théorique

CHAPITRE 1.

La reconnaissance de la parole: traitement de mots isolés et traitement de phrases

La compréhension du langage oral met l'auditeur face à plusieurs défis. Premièrement, la forme auditive perçue (le signifiant) doit être rattachée à sa signification (le signifié). Étant donné la relation arbitraire qui unit signifiant et signifié (Saussure, 1916), faire correspondre ces deux unités implique le stockage de ces relations à l'intérieur d'un lexique mental (Gow, 2012; Jackendoff, 2002). Deuxièmement, contrairement à la modalité écrite, le signal de parole est continu. À l'oral il n'y a pas d'espace entre les mots. Par conséquent, la forme phonologique /iletuveʁ/ peut être interprétée de deux manières différentes : « il est ouvert » ou « il est tout vert ». De plus, les unités qui constituent un mot parlé sont perçues de manière séquentielle au fur et à mesure que le locuteur les prononce, contrairement aux mots écrits où les lettres sont perçues de manière simultanée. Étant donné que l'information auditive n'est que temporairement disponible, les phonèmes perçus doivent rapidement être stockés en mémoire et associés aux mots qui les contiennent. Bien que les différentes théories s'accordent sur l'importance des dynamiques sous-jacentes à la reconnaissance de la parole, certaines diffèrent dans la manière dont elles décrivent la nature de ces dynamiques.

Les modèles traditionnellement décrits dans la littérature peuvent être divisés en deux grandes catégories (McClelland et al., 2006; Norris, McQueen, & Cutler, 2000, 2016, 2018) : les modèles postulant que la reconnaissance d'un mot est exclusivement basée sur des processus d'activation *bottom-up* (au moins lors des premiers stades de traitement) et ceux postulant l'influence de processus d'activation *top-down*. Les modèles postulant que les premiers stades de traitement impliqués dans la reconnaissance du mot sont principalement basés sur des processus d'activation de nature *bottom-up* postulent que les informations de plus haut niveau (e.g., l'information lexico-sémantique) n'influencent pas directement les informations de niveaux plus bas (e.g., l'information phonémique/phonologique). Seule l'information effectivement perçue permet l'activation des diverses représentations liées au(x) mot(s) (Norris et al., 2016, 2018). En revanche, les modèles interactifs postulant l'existence de processus d'activation de nature *top-down* présumant l'existence de

mécanismes de *feedback* permettant aux informations de plus hauts niveaux d'influencer le traitement d'informations de plus bas niveaux (McClelland, 2013).

Dans le cadre de l'étude de l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de la parole, ces deux types de modèles conduisent à différentes hypothèses concernant le déroulement temporel de l'influence de ces représentations. Un modèle postulant que la reconnaissance d'un mot est principalement basée sur des processus d'activation *bottom-up* conduit à la prédiction que les diverses représentations liées à ce mot (e.g., les représentations orthographiques) n'influenceront son traitement que de manière post-lexicale. En revanche, un modèle interactif postulant l'existence de processus d'activation *top-down* conduit à la prédiction que le traitement d'un mot sera influencé de manière pré-lexicale par les divers types de représentations qui lui sont associées.

1. La reconnaissance de mots et de phrases parlés chez l'individu au développement typique

Nous commencerons par présenter deux des modèles les plus cités par la littérature : le modèle de la Cohorte (section 1.1), postulant que la reconnaissance des mots parlés est principalement basée sur des processus d'activation *bottom-up*, et le modèle TRACE (section 1.2), un modèle interactif souvent opposé au modèle de la Cohorte postulant l'existence de processus d'activation *top-down*. Ces modèles ont d'abord été proposés afin d'expliquer les données obtenues dans des tâches impliquant le plus souvent le traitement de mots isolés. Cependant dans la vie quotidienne, les mots sont généralement prononcés dans des phrases. Certains auteurs ont donc tenté de prendre en compte l'influence du contexte phrastique lors de la reconnaissance de la parole. Dans la section 1.3, nous présenterons les études discutant de cette influence sur la reconnaissance d'un mot parlé et sur l'activation des divers types de représentations qui lui sont associées.

1.1. Le modèle de la Cohorte

Le modèle de la Cohorte (Marslen-Wilson, 1987; Marslen-Wilson & Tyler, 1980; Marslen-Wilson & Welsh, 1978) présume que le traitement d'un mot s'effectue en trois étapes distinctes : 1) l'accès aux candidats lexicaux correspondant au signal de parole entendu, 2) la sélection du candidat lexical correspondant le mieux à l'input entendu, et 3) l'intégration du mot, correspondant à la diffusion des informations syntaxiques et

sémantiques du niveau lexical aux traitements de plus haut niveau. Lorsqu'un individu perçoit un signal de parole, les premiers phonèmes activent rapidement et partiellement l'ensemble des mots qui correspondent au signal entendu formant ainsi la « cohorte initiale de mots » (Gaskell & Marslen-Wilson, 2002; Marslen-Wilson & Welsh, 1978; Zhuang, Tyler, Randall, Stamatakis, & Marslen-Wilson, 2014). Par exemple, les premiers phonèmes du mot *page* (i.e., /pa/) vont partiellement activer tous les mots commençant par /pa/ comme *page*, *pacte*, *papillon*, *patinoire*, *parler*, etc. L'activation parallèle de ces différents candidats lexicaux induit une compétition lexicale et sémantique qui diminue progressivement à mesure que le mot continu d'être entendu. Au fur et à mesure que le mot est perçu, le nombre de candidats lexicaux se réduit jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'un seul candidat une fois que le signal acoustique a atteint le point d'unicité phonologique du mot (Kocagoncu, Clarke, Devereux, & Tyler, 2016; Marslen-Wilson, 1984, 1987; Zhuang et al., 2014). Le point d'unicité phonologique correspond au moment du signal acoustique à partir duquel le mot diffère de tous les autres mots de la cohorte. Pour le mot *patinoire* (/patinwaʁ/), le point d'unicité correspond au phonème /w/ car aucun autre mot ne commence par /patinw/ (cf. Figure 1.1). Autrement dit, le modèle de la Cohorte prédit l'activation parallèle de plusieurs candidats qui sont évalués en permanence puis éliminés de la cohorte initiale dès qu'ils sont incompatibles avec le signal de parole entendu. Un tel postulat du décours temporel de la reconnaissance des mots conduit le modèle à accorder une importance particulière aux phonèmes constituant le début des mots, ce qui nécessite de postuler également l'existence d'un module permettant la localisation des frontières de mots lors du traitement de phrases.

Une version révisée de ce modèle (Marslen-Wilson, 1990) considère l'activation des candidats lexicaux en terme de niveaux d'activation et permet au modèle d'appréhender le fait qu'un mot mal prononcé tel que *batinoire* soit tout de même reconnu comme représentant le mot *patinoire*. Dans cette version révisée, la représentation de l'input est considérée en terme de traits phonétiques plutôt qu'en terme de phonème, ce qui a des conséquences moins importantes sur la reconnaissance d'un mot lorsqu'il y a défaut d'appariement entre la représentation de l'input et la représentation phonologique stockée au sein du lexique mental. La version révisée du modèle de la Cohorte permet également de mieux rendre compte des effets de fréquence en intégrant la notion de seuil d'activation : les mots de haute fréquence ont, par défaut, un niveau d'activation plus haut que les mots de basse fréquence, ce qui permet de rendre compte du fait qu'ils sont reconnus plus rapidement même lorsqu'ils sont appariés selon leur point d'unicité (Taft & Hambly, 1986).

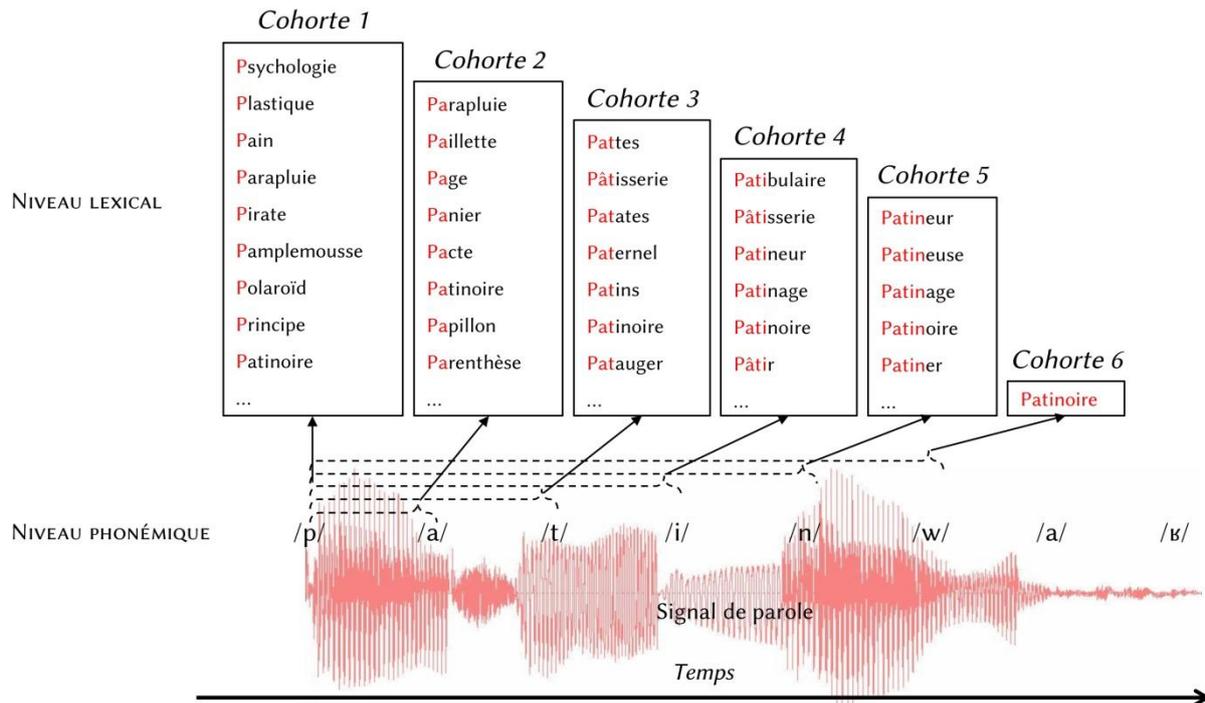


Figure 1.1 : Représentation schématique du modèle de la Cohorte. Adaptation basée sur l'article de Marslen-Wilson (1987).

Les premières données en faveur du modèle de la Cohorte viennent d'études utilisant des tâches de décision lexicale intermodales afin d'examiner les effets de compétition lexicale (Marslen-Wilson, 1987; Marslen-Wilson & Zwitserlood, 1989; Zwitserlood, 1989). Dans ce type de tâche, les participants ont pour consigne de décider le plus rapidement et le plus précisément possible si un stimulus présenté visuellement est un mot réel ou non tandis qu'un mot ou fragment de mot est présenté auditivement (Marslen-Wilson, 1987). Le mot présenté visuellement est ou non relié sémantiquement au mot présenté auditivement. Par exemple, les cibles visuelles *army* (i.e., armée) ou *gift* (i.e., cadeau) sont présentées de manière simultanée avec les mots parlés *general* (i.e., général) ou *generous* (i.e., généreux). Le modèle de la Cohorte prédit qu'avant le point d'unicité du mot auditif (pour les mots anglais *general/generous*, la voyelle suivant le phonème /r/) les deux candidats lexicaux sont partiellement activés et faciliteront de manière égale la reconnaissance des mots visuels *army* et *gift*. En revanche, si le mot visuel est présenté après le point d'unicité du mot auditif, la reconnaissance du mot *army* sera uniquement facilitée par l'amorce sémantique *general* tandis que celle du mot *gift* sera uniquement facilitée par l'amorce sémantique *generous*. C'est en effet le résultat obtenu par Marslen-Wilson (1987) et Zwitserlood (1989). Les auteurs interprètent ces résultats comme confirmant l'importance du point d'unicité dans la reconnaissance des mots parlés.

Plus récemment, plusieurs études en neuro-imagerie ont testé l'hypothèse selon laquelle les mots parlés sont reconnus dès leur point d'unicité (MacGregor, Pulvermüller, van Casteren, & Shtyrov, 2012; O'Rourke & Holcomb, 2002; Pulvermüller, Shtyrov, & Ilmoniemi, 2005). O'Rourke et Holcomb (2002) ont testé cette hypothèse à l'aide de la technique de l'électroencéphalographie (EEG). Les auteurs ont soumis les participants à deux types de tâches : une tâche de décision lexicale, et une tâche dans laquelle ils avaient pour consigne d'écouter les stimuli présentés de manière passive. Dans les deux tâches, le point d'unicité des mots présentés avait été manipulé (i.e., point d'unicité précoce vs. tardif). Les résultats montrent que la latence de la composante négative N400 était plus courte pour les mots ayant un point d'unicité précoce que pour ceux ayant un point d'unicité plus tardif, quelle que soit la tâche. La composante N400 est généralement interprétée comme un indicateur de l'accès lexical des mots (Bentin, Kutas, & Hillyard, 1993; Holcomb & Neville, 1990). Les auteurs en concluent que les mots ayant un point d'unicité plus précoce sont reconnus plus rapidement que ceux ayant un point d'unicité plus tardif, ce qui est en accord avec les prédictions faites par le modèle de la Cohorte. Par ailleurs, d'autres études se sont intéressées aux régions cérébrales impliquées dans les étapes d'activation et de sélection des candidats lexicaux (Kocagoncu et al., 2016; Zhuang et al., 2014) ainsi qu'au décours temporel de l'activation de ces régions (Kocagoncu et al., 2016). Utilisant la technique de la magnétoencéphalographie (MEG), Kocagoncu et collègues (2016) ont mis en évidence un effet de compétition lexicale et sémantique apparaissant 400 ms avant le point d'unicité phonologique des mots dans les régions corticales des gyri supramarginal gauche, supérieur temporal gauche, temporal moyen gauche et droit, frontal inférieur gauche et droit, et angulaire gauche. Ces effets de compétition lexicale disparaissaient après le point d'unicité, laissant place à des effets sémantiques spécifiques aux mots-cibles dans les régions des gyri angulaire et temporal moyen. Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant qu'avant le point d'unicité, les représentations lexico-sémantiques d'un mot-cible sont partiellement activées de même que celles relatives aux compétiteurs de la cohorte initiale. En revanche, l'activation des représentations sémantiques spécifiquement liées au mot-cible serait renforcée dès le point d'unicité atteint. Ces résultats semblent confirmer l'importance que le modèle de la Cohorte accorde aux débuts de mots ainsi qu'au point d'unicité.

1.2. Le modèle TRACE

Contrairement au modèle de la Cohorte, le modèle TRACE (McClelland & Elman, 1986; McClelland et al., 2014, 2006) autorise les traitements de chaque niveaux à influencer les traitements du niveau qui précède. Dans le modèle TRACE comme dans tous les modèles à activations interactives, le traitement de l'information prend la forme d'activations excitatrices et inhibitrices qui interagissent parmi un grand nombre d'unités. La force d'activation d'une unité dépend des hypothèses faites à propos de l'information à traiter, et les liens entre ses hypothèses sont représentés par des connexions. À travers deux niveaux adjacents, les unités mutuellement cohérentes renforcent mutuellement leurs degrés d'activation tandis qu'au sein d'un même niveau, l'activation d'une unité inhibe le degré d'activation des autres unités. Par exemple, l'unité correspondant au phonème /d/ a des connexions mutuellement excitatrices avec les unités correspondant aux mots contenant ce phonème (e.g., *douce, douche, corde, commande, danse, ordinateur, ...*), et des connexions mutuellement inhibitrices avec les unités correspondant aux autres phonèmes ou aux mots ne le contenant pas. Lorsque le niveau d'activation d'une unité atteint un certain seuil, cette unité commence à influencer le niveau d'activation des autres unités. En somme, tout au long du traitement, chaque unité est continuellement alimentée par ses connexions avec les autres unités, met continuellement à jour son niveau d'activation sur la base de ces informations, et, si ce niveau d'activation atteint un certain seuil, envoie continuellement des signaux excitateurs ou inhibiteurs aux autres unités. Par ailleurs, tout comme le modèle de la Cohorte, le modèle TRACE postule que la fréquence d'un mot est encodée dans le niveau d'activation de base des candidats lexicaux : un mot de haute fréquence aura un niveau d'activation de base plus élevé qu'un mot de basse fréquence.

Le modèle TRACE (cf. Figure 1.2) est constitué d'un très grand nombre d'unités qui sont organisées en trois niveaux : le niveau des *traits phonétiques*, le niveau des *phonèmes*, et celui des *mots*. Le niveau des traits phonétiques contient plusieurs rangées de *détecteurs* correspondant à différentes dimensions du signal de parole (e.g., voisement, lieu d'articulation, apertures, nasalité, etc.). Le niveau des phonèmes contient des détecteurs pour chaque phonème de la langue, et le niveau des mots des détecteurs pour chaque mot. Dans ce modèle, le traitement de l'information prend la forme de connexions excitatrices et inhibitrices bidirectionnelles. Les connexions établies entre le niveau des traits phonétiques et celui des phonèmes déterminent le niveau d'activation de chaque phonème. Lorsqu'un stimulus auditif est perçu, le signal active certains traits phonétiques pouvant activer

plusieurs phonèmes. Au fur et à mesure de la perception de nouvelles informations auditives, des connexions excitatrices (entre les niveaux) et inhibitrices (au sein de chaque niveau) sont créées entre les différentes unités.

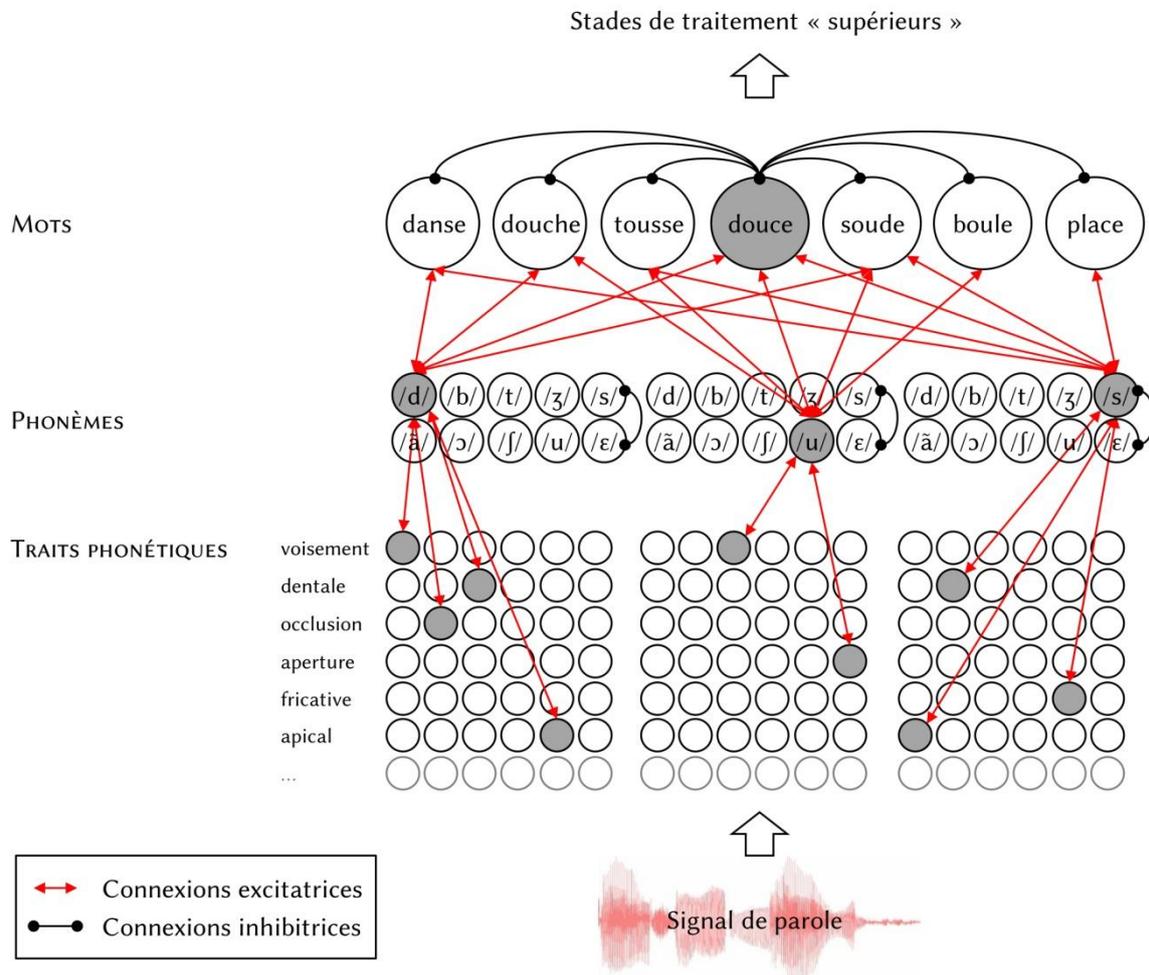


Figure 1.2 : Représentation schématique du modèle TRACE. Adaptation basée sur l'article de McClelland & Elman (1986). Chaque cercle correspond à une unité de traitement différente.

Bien que l'information auditive active les unités des traits phonétiques de manière séquentielle à mesure que le ou les mots sont prononcés, les processus d'activation interactifs ont lieu tout au long du processus de reconnaissance du mot. Par exemple, le premier phonème du mot *douce* activera les traits phonétiques voisement, dental, apical, alvéolaire, et occlusive qui activeront à leur tour le phonème /d/, mais également, de manière moins forte, les phonèmes /t/ ou /b/. Au fur et à mesure que les autres phonèmes sont perçus, la sélection des unités phonémiques s'affine, renforcée par les indices phonétiques de coarticulation et par les unités actives du niveau lexical. La perception des phonèmes suivants (i.e., /us/) activera de manière forte l'unité lexicale correspondant au mot *douce*, qui à son tour renforcera l'activation des unités phonémiques correspondants à /d/,

/u/, et /s/, qui elles-mêmes renforceront l'activation des traits phonétiques correspondant à ces phonèmes. De plus, contrairement au modèle de la Cohorte, le modèle TRACE n'accorde pas de statut privilégié aux débuts de mots. Comme illustré dans la Figure 1.3, le modèle TRACE postule un alignement exhaustif des unités dans lequel un mécanisme de réduplication du lexique est mis en place à chaque nouveau phonème perçu afin de tester toutes les hypothèses lexicales. Lorsqu'un phonème est activé, le système active tous les mots contenant ce phonème quelle que soit la position du phonème activé. Ceci implique que l'ensemble des candidats lexicaux activés change constamment, les hypothèses inappropriées étant rejetées via un mécanisme d'inhibition. Cette hypothèse a pour avantage de permettre une segmentation efficace du signal de parole sans postuler l'existence d'un mécanisme de localisation des frontières de mots (Spinelli & Ferrand, 2005).

Au niveau comportemental, des données empiriques vont en effet dans le sens de l'hypothèse d'un alignement exhaustif des unités constituant le signal de parole (Tabossi, Burani, & Scott, 1995). Par exemple, dans une tâche de décision lexicale intermodale Tabossi et collègues (1995) ont examiné si une ambiguïté segmentale temporaire pouvait interférer avec les processus de reconnaissance des mots. Les auteurs ont présenté à un groupe de participants la séquence parlée *visi tediati* (i.e., visages ennuyés) qui contient également le mot *visite* (i.e., visites). Les résultats montrent que même après le début de la deuxième syllabe du mot *tediati*, le mot *visite* est encore activé en mémoire et facilite la reconnaissance visuelle du mot *parenti* (i.e., parents) qui lui est sémantiquement relié. Tabossi et collègues (1995) interprètent ce pattern de résultats comme suggérant qu'en l'absence de contexte sémantique ou syntaxique, les participants considèrent différentes hypothèses lexicales contenant parfois des frontières de mots contradictoires. De plus, d'autres données empiriques semblent appuyer l'hypothèse de l'existence de processus d'activation *top-down* lors de la reconnaissance des mots parlés (Dahan & Tanenhaus, 2004; Ganong, 1980; Magnuson, Mirman, Luthra, Strauss, & Harris, 2018; Magnuson, Tanenhaus, & Aslin, 2008; Massaro & Cohen, 1983; Newman, Sawusch, & Luce, 1997). Par exemple, Ganong (1980) rapporte qu'un phonème ambigu étant à mi-chemin entre /k/ et /g/ sera davantage susceptible d'être identifié comme correspondant au phonème /k/ par un locuteur anglophone lorsqu'il est suivi de la séquence phonémique /_is/ (i.e., *kiss*, bisou) et comme un /g/ lorsqu'il est suivi de la séquence phonémique /_ift/ (i.e., *gift*, cadeau). Ce phénomène de restauration phonémique est interprété comme suggérant que les unités mots renforcent

l'activation des unités phonèmes via des processus d'activation *top-down* influençant ainsi leur identification.

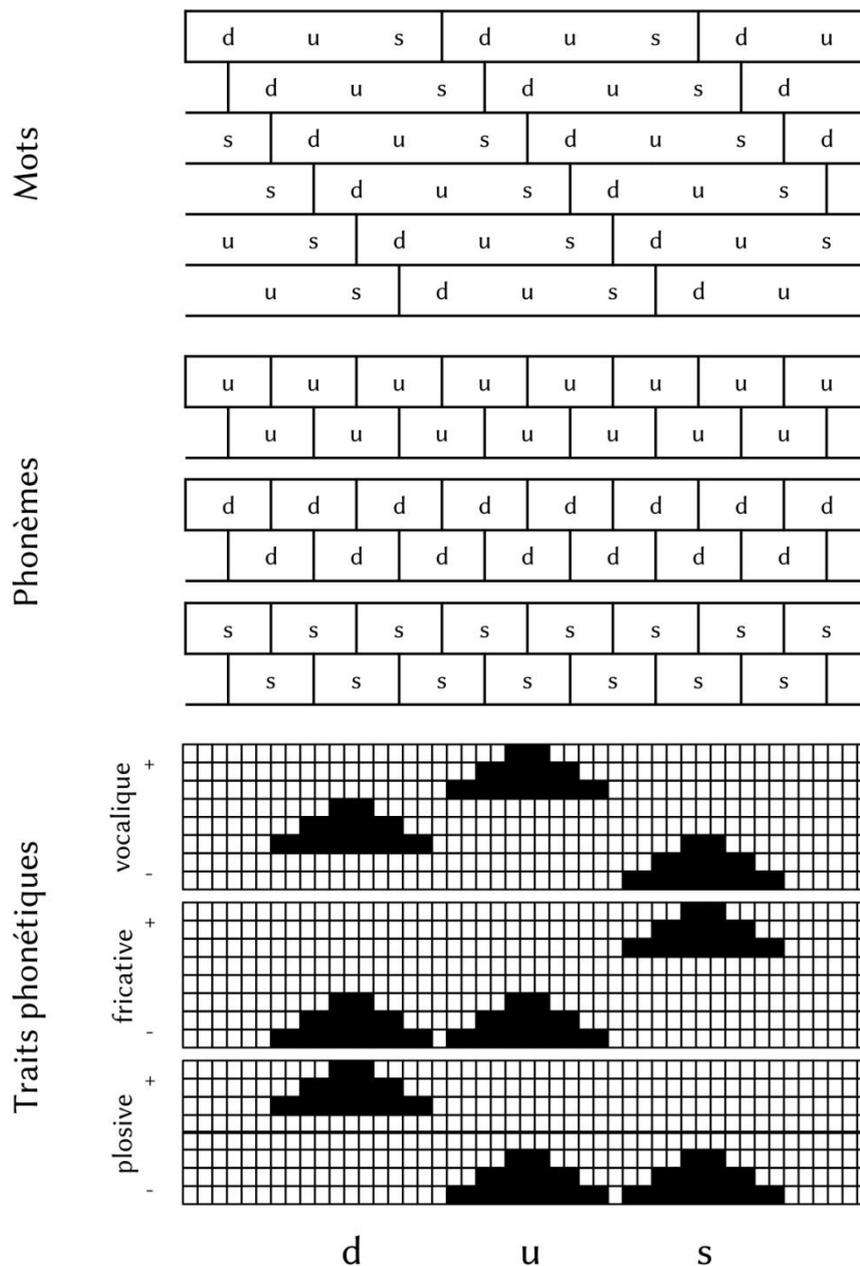


Figure 1.3 : Représentation schématique d'un sous-ensemble d'unités du modèle TRACE. Adaptation basée sur l'article de McClelland & Elman (1986). Chaque rectangle représente une unité différente et les labels au sein de ces unités indiquent l'item que l'unité contient. La spécification des traits phonétiques pour le segment « douce » est indiquée par les cases noires pour les trois dimensions illustrées (i.e., plosive, fricative, vocalique).

En imagerie cérébrale, de nombreuses études suggèrent également l'existence de processus d'activation *top-down* qui influenceraient les stades de traitement précoces de l'information perçue (Binder, Liebenthal, Possing, Medler, & Ward, 2004; Grinband et al., 2011; Grinband, Hirsch, & Ferrera, 2006; McClelland et al., 2014; Sohoglu, Peelle, Carlyon, &

Davis, 2012). Par exemple, une étude récente combinant les techniques de l'EEG et de la MEG montre une influence des connaissances antérieures (fournies par un texte écrit) sur la perception de parole dégradée (Sohoglu et al., 2012). Plus précisément, cette étude montre que les connaissances antérieures influencent le degré d'activation du gyrus frontal inférieur dès 90 ms lors du traitement de parole dégradée, et qu'elles influencent cette région avant d'influencer les régions correspondant à des traitements de plus bas niveau (gyrus temporal supérieur). D'après les auteurs ce pattern de résultats est cohérent avec le postulat de l'existence de connexions *feedback* provenant de traitements de haut niveau et modulant les processus de reconnaissance des mots (Sohoglu et al., 2012).

Très récemment, certains auteurs ont implémenté un programme de simulation permettant de tester les hypothèses du modèle TRACE (Magnuson et al., 2018). Les auteurs ont testé l'avantage du postulat de processus d'activation *top-down* lors de la reconnaissance des mots. Les résultats montrent que, sur les centaines de mots testés, la majorité sont reconnus plus rapidement lorsque le modèle permet l'activation de processus *top-down* que lorsque les processus d'activation sont exclusivement *bottom-up*. De plus, lorsque du bruit est superposé au signal de parole (comme c'est souvent le cas en situation naturelle de perception de la parole), les mots sont également reconnus plus facilement et avec plus de précision. Ce pattern de résultats semble valider l'existence de processus d'activation *top-down* tels que postulés par le modèle TRACE.

1.3. L'influence du contexte sémantique

Les hypothèses proposées par le modèle de la Cohorte ainsi que le modèle TRACE ont largement été testées via des tâches impliquant le traitement de mots isolés. Cependant en situation naturelle de traitement de la parole, l'individu est davantage confronté au traitement de phrases. Certains auteurs ont donc tenté de prendre en compte l'influence du contexte sémantique sur le traitement des mots. La nature de l'influence du contexte sur la reconnaissance d'un mot est aujourd'hui encore débattue, notamment à travers deux grandes hypothèses référant à deux types de modèles (León-Cabrera, Rodríguez-Fornells, & Morís, 2017) : les modèles postulant la prédiction active des mots à venir à partir du contexte sémantique (Bar, 2007; Kutas, DeLong, & Smith, 2011) et ceux postulant une intégration plus passive des mots (Jackendoff, 2002; Morris, 2006). Pour les modèles postulant une prédiction active des mots à venir lors du traitement de la parole, le concept de prédiction réfère à la pré-activation des concepts et représentations spécifiquement associés au(x) mot(s) prédit(s) avant que ce(s) mot(s) soi(en)t perçu(s). La pré-activation de

ces représentations en influencerait la reconnaissance de manière *top-down* (Kutas et al., 2011). À l'inverse, les modèles revendiquant une intégration plus passive des mots défendent l'idée qu'étant donné que dans beaucoup de contextes il existe de nombreuses continuations potentielles, il est plus efficace d'attendre de percevoir le(s) mot(s) afin que l'identification soit correcte plutôt que de le(s) prédire (Morris, 2006). Dans ce dernier type de modèles, il est postulé que le langage oral est principalement traité de manière *bottom-up* et que le contexte ainsi que les autres formes d'influences *top-down* n'entrent en jeu qu'après la reconnaissance complète du mot.

Bien que les résultats actuels de la recherche ne permettent pas de trancher clairement entre ces deux hypothèses (Huettig, 2015), de nombreux auteurs postulent que le locuteur se base sur le contexte sémantique afin de pré-activer divers types de représentations liées au(x) mot(s) attendu(s). Ces auteurs se basent sur les résultats provenant d'études manipulant le degré de prédictibilité d'un mot-cible. Le degré de prédictibilité d'un mot est généralement évalué via une mesure de *cloze-probability* correspondant au pourcentage d'individus ayant complété une phrase donnée par un mot donné (Taylor, 1953). Les mots-cibles étant fortement prédit par le contexte sémantique obtiennent typiquement des scores de complétion plus importants et donc un plus haut score de *cloze-probability*, tandis que les mots-cibles insérés dans des phrases ayant plusieurs continuations possibles obtiendront généralement un score de *cloze-probability* moins élevé. Plusieurs études conduites en EEG montrent que l'amplitude de la composante N400 est négativement corrélée à la mesure de *cloze-probability* : plus le mot est prédictible, plus l'amplitude de la composante N400 est réduite (DeLong, Urbach, & Kutas, 2005; Federmeier, 2007; Kutas & Federmeier, 2011; León-Cabrera et al., 2017). À l'inverse, un mot-cible incohérent élicitera une onde N400 de plus grande amplitude qu'un mot-cible cohérent (Kutas & Federmeier, 2011). De nombreux auteurs ont interprété ce résultat comme allant dans le sens de la théorie selon laquelle les locuteurs se basent sur le contexte pour pré-activer les mots à venir (DeLong et al., 2005; Federmeier, 2007; Kutas & Federmeier, 2011; León-Cabrera et al., 2017). Cependant, la composante N400 étant mesurée à partir du début du mot-cible, les auteurs défendant l'hypothèse d'une intégration passive des mots interprètent ce résultat comme reflétant la facilité d'intégration du mot au sein de la phrase plutôt que sa pré-activation (Jackendoff, 2002; Morris, 2006).

Afin de distinguer ces deux hypothèses, DeLong et al. (2005) ont examiné le signal EEG à partir de l'article précédant le mot-cible. En anglais, les articles indéfinis *a/an*

(signifiant *un* ou *une*) sont sémantiquement et fonctionnellement identiques. L'alternance entre ces deux formes est uniquement fonction du phonème initial du nom qui suit (si le phonème est une consonne le déterminant sera *a*, si c'est une voyelle, le déterminant sera *an*). Les résultats montrent que lorsque la forme de l'article indéfini est incompatible avec le mot prédit, la composante N400 élicitée est de plus grande amplitude que lorsque la forme de l'article est compatible avec le mot ayant le plus fort score de *cloze-probability*. Par conséquent, ce pattern de résultats contredit les théories d'intégration passive des mots. Bien que le ou les types de représentations étant pré-activé(s) soi(en)t encore débattu(s) (Brothers, Swaab, & Traxler, 2015; Huettig, 2015), ces résultats semblent indiquer que les individus utilisent les informations fournies par le contexte sémantique afin de pré-activer le(s) mot(s) à venir.

Des études réalisées en mouvements oculaire et utilisant le paradigme du « monde visuelle » (i.e., les participants ont à écouter des phrases ou énoncés tandis que plusieurs images leurs sont présentées à l'écran de manière simultanée – la plupart du temps une image-cible et plusieurs distracteurs – et que l'on enregistre leurs mouvements oculaires) montrent que les participants utilisent à la fois l'information sémantique et syntaxique afin d'anticiper l'objet qui va être nommé (Altmann & Kamide, 1999; Huettig, Rommers, & Meyer, 2011; Kaiser & Trueswell, 2004; Kamide, Altmann, & Haywood, 2003). Les individus semblent également pré-activer les représentations liées à la catégorie sémantique de l'objet lors de la compréhension de phrases auditives (Altmann & Kamide, 1999; Huettig & Altmann, 2005; Mani & Huettig, 2012) ainsi que les informations liées à la forme d'objets concrets (Rommers, Meyer, Praamstra, & Huettig, 2013). Par ailleurs, de récentes études suggèrent fortement l'existence d'un lien entre le niveau de lecture et l'usage de mécanismes d'anticipation en compréhension de phrases orales (Huettig, Singh, & Mishra, 2011; Kukona et al., 2016; Mani & Huettig, 2014; Mishra, Singh, Pandey, & Huettig, 2012). Nous reviendrons sur la façon dont le niveau de lecture module les mécanismes d'anticipation lors du traitement du langage oral dans la section suivante (Chapitre 1, section 2.3).

Par ailleurs, de plus en plus d'études supportent l'hypothèse selon laquelle chez les normo-lecteurs, les mécanismes de prédiction impliqués dans la compréhension du langage reposeraient sur deux systèmes (au moins partiellement) distincts (Huettig, 2015; Kahneman, 2011; Stanovich & West, 2000). Un premier système fonctionnerait de manière rapide et automatique, en dehors du contrôle volontaire de l'individu, et serait basé sur des

mécanismes associatifs simples menant à la pré-activation d'inputs linguistiques (Bar, 2007, 2009). Un second système impliquerait des mécanismes de raisonnement plus complexes et serait davantage dépendant des capacités attentionnelles et de l'expérience des individus (Huettig, 2015; Kahneman, 2011). En EEG, certains auteurs ont lié ces deux mécanismes à deux composantes distinctes : les composantes N400 et P600 (Brouwer, Fitz, & Hoeks, 2012; Kuperberg, 2007). La composante N400 serait en partie sensible aux opérations basées sur les processus sémantiques et mnésiques impliqués dans le traitement des caractéristiques sémantiques, des relations associatives et sémantiques entre les mots de contenu à l'intérieur d'une phrase, et à la comparaison de ces relations avec celles étant pré-enregistrées au sein du lexique mental. En revanche, la composante P600 serait sensible aux opérations combinatoires impliquées dans les mécanismes algorithmiques de combinaison des mots afin de construire le sens à un niveau de traitement plus élevé.

2. La reconnaissance de mots et de phrases parlés chez l'individu dyslexique

Nous commencerons par présenter une définition de la dyslexie (section 2.1). Sans être exhaustifs, nous présenterons brièvement différentes théories ayant tenté de spécifier les déficits associés à ce trouble développemental avant de présenter les données amenant à l'hypothèse, aujourd'hui largement admise, d'un déficit des traitements phonologiques. Nous présenterons ensuite les études examinant la façon dont ce trouble affecte la reconnaissance des mots parlés (section 2.2) et la façon dont le contexte sémantique influence les processus de reconnaissance de ces mots chez les individus dyslexiques (section 2.3).

2.1. Une définition de la dyslexie

La dyslexie développementale (par la suite, dyslexie) est un trouble de l'apprentissage affectant 1 à 7% de la population (Lindgren, de Renzi, & Richman, 1985; Peterson & Pennington, 2015; Ramus, 2012; Saksida et al., 2016) et se manifestant principalement par d'importantes difficultés en lecture. Ces difficultés se traduisent notamment par une faible vitesse de lecture et de faibles performances en orthographe en dépit d'un niveau d'intelligence normal, d'une acuité sensorielle normale, et de conditions socio-économiques typiques (American Psychiatric Association, 2013; Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003).

Les « prérequis » les plus primaires pour l’acquisition de la lecture étant – à première vue – le langage et la vision, les premières théories de la dyslexie ont émis l’hypothèse que ce trouble serait causé par un déficit dans l’un ou l’autre de ces deux domaines. Jusque dans les années 1970, les hypothèses dominantes de la dyslexie expliquent son origine par un déficit du système visuel (Dunlop, 1972; Morgan, 1896; Orton, 1925). Ces hypothèses ont ensuite été contredites par d’autres études montrant que, lorsque la tâche utilisée minimise l’implication des compétences verbales et de décodage grapho-phonologique, les individus dyslexiques ont des capacités visuelles comparables à celles des normo-lecteurs (Fletcher, Foorman, Shaywitz, & Shaywitz, 1999; Vellutino, 1979; Vellutino & Scanlon, 1982, 1987). De plus, bien que cette hypothèse soit encore débattue (Lobier, Zoubinetzky, & Valdois, 2012; Stein, 2018; Zoubinetzky, Collet, Serniclaes, Nguyen-Morel, & Valdois, 2016), il a également été montré que les compétences visuelles ne prédisent que peu les performances obtenues lors de tâches d’identification de mots écrits, de dictée, de lecture de pseudomots, ou de compréhension écrite (Saksida et al., 2016; Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004; Vellutino, Scanlon, Small, & Tanzman, 1991; Vellutino, Scanlon, & Tanzman, 1994). Par la suite, grâce à l’émergence et au développement de la recherche dans le domaine de la perception de la parole, les potentielles causes de la dyslexie ont été réinterprétées et l’hypothèse d’un déficit des traitements phonologiques¹ comme étant à l’origine de ce trouble devient de plus en plus répandue et peu à peu prédominante (Brady & Shankweiler, 1991; Brady, Shankweiler, & Mann, 1983; Fischer, Liberman, & Shankweiler, 1978).

L’hypothèse d’un déficit des traitements phonologiques est notamment appuyée par des études longitudinales montrant que les compétences phonologiques mesurées avant l’apprentissage de la lecture expliquent 40 à 60% des compétences en lectures mesurées en primaire (Bryant, MacLean, Bradley, & Crossland, 1990; Caravolas, Hulme, & Snowling, 2001; Snowling, Gooch, McArthur, & Hulme, 2018; Torgesen, Wagner, & Rashotte, 1994; van Viersen et al., 2018). Le poids des déficits observés avant l’apprentissage de la lecture dans le développement de la dyslexie est encore débattu (Clark et al., 2014; Law, Vandermosten, Ghesquière, & Wouters, 2017; Pennington, 2006; Raschle, Stering, Meissner, & Gaab, 2014; Saygin et al., 2013; Vandermosten, Hoefft, & Norton, 2016). Cependant, un grand nombre de recherches montre que les individus dyslexiques ont d’importantes difficultés dans des

¹ Le terme de « traitements phonologiques » est un terme générique renvoyant à plusieurs types de traitement comme les capacités de décodage phonologique, de manipulation des phonèmes, ou le maintien de l’information phonologique en mémoire.

tâches impliquant la conscience phonologique et la mémoire verbale à court-terme (Ramus & Szenkovits, 2008; Swanson, 2012). Ce déficit des traitements phonologiques entraverait l'établissement des correspondances grapho-phonémiques, entraînant de fait des difficultés en lecture (Norton, Beach, & Gabrieli, 2015; Peterson & Pennington, 2015; Ziegler, 2006). À l'heure actuelle, deux hypothèses alternatives proposent d'expliquer la nature du déficit phonologique présent chez l'individu dyslexique. Il pourrait s'agir d'un déficit touchant la qualité des représentations phonologiques elles-mêmes ou à l'accès à ses représentations (Dehaene, 2009; Law et al., 2017; Ramus, 2014; Ramus et al., 2003; Ramus & Szenkovits, 2008; Saksida et al., 2016; Snowling, 2000; Szenkovits, Darma, Darcy, & Ramus, 2016; Vandermosten et al., 2016). Quoiqu'il en soit, un grand nombre d'études montre que les individus dyslexiques ont des difficultés dans des tâches impliquant la discrimination phonémique (Blomert, Mitterer, & Paffen, 2004; Noordenbos & Serniclaes, 2015; Tijms, 2004; Tunmer & Greaney, 2010), la discrimination entre sons vocaux et non-vocaux (Berent, Vaknin-Nusbaum, Balaban, & Galaburda, 2012), et l'identification de voix humaines (Perrachione, Del Tufo, & Gabrieli, 2011).

Une revue de la littérature récente comparant les résultats d'individus dyslexiques à ceux d'adultes illettrés montre que les deux populations obtiennent des performances similaires lors de tâches impliquant la conscience phonologique et la mémoire verbale à court-terme (Huettig, Lachmann, Reis, & Petersson, 2018). Ceci suggère que les déficits observés chez les individus dyslexiques lors de tâches impliquant ces compétences pourraient être au moins en partie dues à des différences dans la pratique quotidienne de la lecture comparé au normo-lecteurs, entraînant des différences dans la finesse des représentations phonologiques (Demoulin & Kolinsky, 2016; Smith, Monaghan, & Huettig, 2014; Ziegler & Goswami, 2005). Cependant, comparant l'influence des formes de lettres et pseudo-lettres environnantes sur le traitement d'une lettre ou pseudo-lettre cible chez des enfants dyslexiques, des enfants au développement typique de même âge chronologique, des adultes illettrés et ex-illettrés, Fernandes, Vale, Martins, Morais, & Kolinsky (2014) ont montré que, dans la condition lettres, seuls les enfants dyslexiques étaient affectés par la forme des lettres entourant la lettre cible. De plus chez les enfants dyslexiques, cet effet de congruence en condition lettres était fortement corrélé avec les capacités de décodage tandis que l'effet de congruence en condition pseudo-lettres était corrélé avec les capacités de mémoire visuelle. Ce pattern de résultats a été interprété comme soutenant l'hypothèse

selon laquelle la dyslexie implique un déficit des traitements phonologiques (Fernandes et al., 2014; Huettig, Lachmann, et al., 2018).

2.2. La reconnaissance des mots parlés

Malgré l'observation récurrente de ces déficits des traitements phonologiques, seulement peu d'études ont examiné la question du traitement lexical des mots parlés chez les individus dyslexiques. La plupart des études se sont concentrées sur des tâches impliquant le maintien en mémoire de l'information phonologique, l'intégration audiovisuelle des associations grapho-phonémiques, ou encore le traitement explicite des représentations phonologiques sous-lexicales. Le plus souvent, ces études ont utilisé des tâches métaphonologiques telles que le jugement de rime (Cao et al., 2017; Hernandez et al., 2013; Landerl, Frith, & Wimmer, 1996; McPherson, Ackerman, Holcomb, & Dykman, 1998; Zecker, 1991) et la discrimination ou la catégorisation phonémique (Blomert & Mitterer, 2004; Dufor, Serniclaes, Sprenger-Charolles, & Démonet, 2007, 2009; Mody, Studdert-Kennedy, & Brady, 1997; Noordenbos, Segers, Serniclaes, & Verhoeven, 2013; Noordenbos & Serniclaes, 2015; Schulte-Körne, Deimel, Bartling, & Remschmidt, 2001) mettant ainsi l'accent sur l'analyse fine et explicite des unités phonétiques et phonologiques. Par exemple, Elbro, Nielsen, et Petersen (1994) ont montré que les individus dyslexiques avaient plus de difficultés que les normo-lecteurs à distinguer des mots parlés phonologiquement similaires. Les auteurs ont interprété ce résultat comme reflétant une difficulté du traitement des informations phonologiques ambiguës qui ne serait pas due à une différence de vocabulaire, d'éducation, ou de pratiques quotidiennes de lecture entre les deux groupes (Elbro, Nielsen, & Petersen, 1994). D'autres études ont également montré des difficultés lors du traitement du langage oral chez les individus dyslexiques comparé aux normo-lecteurs lorsque le signal de parole était présenté simultanément avec un bruit de fond (Dole, Hoen, & Meunier, 2012; Dole, Meunier, & Hoen, 2014; Frey, François, Chobert, Besson, & Ziegler, 2018; Hazan, Messaoud-Galusi, & Rosen, 2013; Hazan, Messaoud-Galusi, Rosen, Nouwens, & Shakespeare, 2009; Nittrouer, Krieg, & Lowenstein, 2018; Ziegler, Pech-Georgel, George, & Lorenzi, 2009 ; mais voir Messaoud-Galusi, Hazan, & Rosen, 2011; Nittrouer, Shune, & Lowenstein, 2011 pour des résultats contradictoires) ou lorsqu'il était dégradé (Frey et al., 2018; Ziegler et al., 2009). Toutefois, ces difficultés semblent ne pas être observées lorsque le signal de parole est présenté en condition non bruitée (Blomert & Mitterer, 2004; Dole et al., 2014; Hazan et al., 2013, 2009).

Utilisant une tâche n'impliquant pas de manière explicite la conscience phonologique, Bonte et collaborateurs ont examiné les processus cognitifs liés aux traitements phonologiques lors de la reconnaissance de la parole via l'enregistrement des réponses EEG des participants (Bonte & Blomert, 2004; Bonte, Poelmans, & Blomert, 2007). Dans l'une de leurs études, les auteurs ont comparé les performances d'enfants dyslexiques et normo-lecteurs de même âge chronologique lors d'une tâche de décision lexicale auditive avec amorçage phonologique. Un mot ou un pseudomot parlé était présenté au participant (amorçe), suivi d'un mot ou pseudomot cible contenant ou non une allitération. Les auteurs ont examiné les processus cognitifs associés aux traitements phonologiques lors de la présentation du second stimulus à travers les composantes EEG N1 et N2 qui ont été interprétées comme reflétant le traitement primaire des informations acoustiques et phonétiques (Martin, Tremblay, & Korczak, 2008; Steinschneider, Nourski, & Fishman, 2013; Wagner et al., 2016). Lors du traitement des mots, les enfants dyslexiques exhibaient une amplitude réduite de la composante N1 au niveau des électrodes pariétales comparé aux normo-lecteurs ainsi qu'une plus grande amplitude de la composante N2 au niveau des électrodes centrales. De plus, l'effet d'allitération observé au niveau des électrodes centrales sur la composante N1 chez les normo-lecteurs était absent chez les individus dyslexiques. Ces résultats ont été interprétés comme reflétant une contribution anormale des informations phonétiques-phonologiques lors de la reconnaissance de la parole, et particulièrement des informations phonétiques et phonologiques de début de mot. L'hypothèse de difficultés phonologiques pouvant être liées à de subtils déficits lors du traitement implicite des unités phonétiques-phonologiques est également soutenu par d'autres études (Bonte et al., 2007; Goswami, 2011; Leong, Hämäläinen, Soltész, & Goswami, 2011; Power, Colling, Mead, Barnes, & Goswami, 2016).

Comparativement, peu de recherches ont été menées chez l'adulte dyslexique. À notre connaissance, une seule étude s'est intéressée aux processus cognitifs sous-jacents à la reconnaissance des mots parlés chez les adultes dyslexiques (Helenius, Parviainen, Paetau, & Salmelin, 2009). Utilisant la technique de la MEG, Helenius et collègues ont examiné cette question à l'aide d'un paradigme *go/no-go* dans lequel les participants devaient répondre lorsqu'ils entendaient un nom propre. Contrairement aux études menées chez l'enfant, les auteurs n'observent aucun déficit des traitements phonologiques lors du stade de traitement pré-lexical (reflété par la composante N100m). En revanche, l'analyse de l'effet de lexicalité (i.e., la différence d'amplitude de la composante N400m lors du traitement des mots et des

pseudomots) montre un effet de lexicalité réduit chez les participants dyslexiques par rapport aux normo-lecteurs, ce qui suggère un déficit du stade de traitement lexical. Helenius et collègues (2009) proposent deux explications alternatives de cette observation : la réduction de l'effet de lexicalité pourrait résulter 1) de difficultés à désactiver les candidats lexicaux inappropriés, ou 2) d'un niveau de vocabulaire limité. Dans leur étude, le niveau de vocabulaire des participants dyslexiques était inférieur à celui des normo-lecteurs. Étant donné que les processus cognitifs sous-jacents à la reconnaissance des mots ont été testé via l'emploi d'un paradigme *go/no-go* et que les auteurs ont analysé les essais *no-go*, les auteurs n'ont pas pu restreindre l'analyse aux mots correctement identifiés (comme il est d'usage en tâche de décision lexicale par exemple), ce qui limite l'interprétation des résultats. De plus, un certains nombre de métadonnées concernant les participants sont manquantes comme le niveau d'éducation par exemple, ce qui ne permet pas de savoir si la population d'individus dyslexiques testée dans cette étude est susceptibles d'avoir développé des mécanismes de compensation permettant d'atteindre un niveau de compréhension comparable à celui des normo-lecteurs. La différence observée entre normo-lecteurs et dyslexiques concernant l'effet de lexicalité pourrait être une conséquence d'un niveau d'éducation plus faible par rapport aux normo-lecteurs (comme suggéré par le plus faible niveau de vocabulaire) plutôt qu'une conséquence des déficits associés à la dyslexie. De plus amples études contrôlant de manière plus stricte le profil cognitif des participants semblent nécessaires afin de clarifier cette question. Toutefois, cette étude suggère que chez les individus dyslexiques le stade de traitement lexical de la reconnaissance auditive des mots pourrait être déficitaire.

Plusieurs études suggèrent que le niveau (Cavalli, Casalis, et al., 2016; Martinez Perez, Majerus, & Poncelet, 2013; Trainin & Swanson, 2005; Vukovic, Wilson, & Nash, 2004; Wilson & Lesaux, 2001) ainsi que la profondeur du vocabulaire (Hatcher, Snowling, & Griffiths, 2002; O'Brien, Van Orden, & Pennington, 2013; Vukovic et al., 2004; Warmington, Stothard, & Snowling, 2013; Wilson & Lesaux, 2001; Wiseheart, Altmann, Park, & Lombardino, 2009) des individus dyslexiques de niveau universitaire est similaire à celui de normo-lecteurs de même âge chronologique et de niveau d'éducation équivalent. Une étude récente suggère même que les individus dyslexiques de niveau universitaire développeraient des représentations sémantiques plus précises et plus profondes que les normo-lecteurs (Cavalli, Casalis, et al., 2016), ce qui pourrait être le reflet de mécanismes de compensation leur permettant de poursuivre un cursus universitaire et d'atteindre un niveau de

compréhension en lecture similaire à celui des normo-lecteurs (Beidas, Khateb, & Breznitz, 2013; Bruck, 1990; Lefly & Pennington, 1991; Lesaux, Pearson, & Siegel, 2006; Miller-Shaul, 2005; Parrila, Georgiou, & Corkett, 2007). Par ailleurs, une étude menée par Beidas et collègues (2013) suggère que les individus dyslexiques de niveau universitaire pourraient adopter des stratégies impliquant diverses fonctions exécutives telles que les capacités de planification, de transfert, et d'inhibition afin de surmonter leurs déficits et/ou d'utiliser de manière efficace et automatique les indices fournis par le contexte sémantique, leur permettant ainsi d'améliorer leurs performances en lecture (Beidas et al., 2013; Cohen-Mimran & Sapir, 2007; Locascio, Mahone, Eason, & Cutting, 2010). Plusieurs études montrent en effet que les adultes dyslexiques ont des capacités sémantiques préservées qui pourraient leur permettre de développer des stratégies de lecture compensatoires (Elbro & Arnbak, 1996; Quémart & Casalis, 2015, 2017; Snowling, 2000).

En résumé, de nombreuses études montrent que lors du traitement de mots parlés, les individus dyslexiques manifestent des déficits des traitements phonétiques-phonologiques primaires (Bonte & Blomert, 2004; Bonte et al., 2007; Goswami, 2011; Martin et al., 2008; Power et al., 2016) ainsi que des difficultés de reconnaissance des mots en situation bruitée (Dole et al., 2014; Hazan et al., 2013; Nittrouer et al., 2018; Ziegler et al., 2009). Cependant, la plupart de ces études ont été réalisées chez l'enfant et ont examiné les traitements phonétiques plutôt que les traitements lexicaux. Une étude ayant examiné les processus cognitifs sous-jacents au traitement lexical chez les adultes dyslexiques suggère que ces individus montrent un effet de lexicalité réduit comparé aux normo-lecteurs (Helenius et al., 2009). Cette réduction de l'effet de lexicalité a été interprétée comme pouvant refléter une difficulté à désactiver les candidats lexicaux inappropriés ou un déficit de vocabulaire. Cependant, d'autres études montrent également que les individus dyslexiques ont des capacités sémantiques préservées (Beidas et al., 2013; Elbro & Arnbak, 1996; Quémart & Casalis, 2015, 2017) et que les individus dyslexiques engagés dans un cursus universitaire ont un bon niveau de vocabulaire, ce qui pourrait être l'un des mécanismes de compensation mis en place par cette population particulière (Cavalli, Casalis, et al., 2016; Martinez Perez et al., 2013; O'Brien et al., 2013; Warmington et al., 2013).

2.3. L'influence du contexte sémantique

Chez les individus dyslexiques, comparativement aux études menées en modalité écrite, très peu d'études se sont intéressées à l'influence du contexte sémantique en modalité auditive. Les études menées en modalité visuelle suggèrent que les individus dyslexiques

utilisent le contexte sémantique de manière stratégique afin de pallier à leurs déficits en lecture (Bruck, 1990; Ransby & Swanson, 2003). En modalité auditive, si les déficits phonétiques-phonologiques des stades de traitements précoces manifestés par les individus dyslexiques affectent la reconnaissance des mots, il est possible que cette population utilise le contexte sémantique de manière stratégique dans cette modalité également. Cependant, une étude récente utilisant le paradigme du *monde visuel* suggère que les dyslexiques adultes ont plus de mal à utiliser les indices syntaxiques que les normo-lecteurs lors du traitement du langage oral (Huettig & Brouwer, 2015). Dans cette étude conduite sur des locuteurs néerlandais, Huettig et Brouwer ont enregistré les mouvements oculaires de 22 dyslexiques adultes et 22 normo-lecteurs de même âge chronologique lors de deux tâches auditives. Lors d'une première expérience, les participants avaient pour consigne d'écouter un mot parlé et de répondre si oui ou non l'objet nommé correspondait à l'une des images présentées à l'écran. Cette tâche a été réalisée dans le but de déterminer si le regard des participants dyslexiques était influencé de la même manière que celui des normo-lecteurs lors d'une tâche de traitement de mots parlés. Les résultats montrent que les deux groupes se comportent de la même manière. Lors d'une seconde expérience, les mêmes participants écoutaient des consignes du type « *kijk naar de afgebeelde piano* » (en français, « Regardez **le** [affiché] **piano** ») tandis que 4 objets cibles étaient affichés sur l'écran devant eux. En néerlandais comme en français, les noms possèdent un genre. Parmi les 4 objets cibles affichés à l'écran, un seul possédait le même genre que l'objet nommé oralement, permettant ainsi aux participants de prédire l'objet cible. Il semble important de noter ici que le néerlandais possède 3 genres grammaticaux (féminin, masculin, neutre), ce qui autorise une telle manipulation (qui serait impossible en anglais par exemple). Les résultats montrent que, bien que les deux groupes aient fixé l'objet cible avant qu'il soit nommé, les participants dyslexiques anticipaient la cible de manière retardée comparé au normo-lecteurs. Par ailleurs, les résultats montrent également une corrélation positive entre l'anticipation des participants lors de la tâche en mouvements oculaires et les scores obtenus en lecture de mots. Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant que l'acquisition de représentations orthographiques stables renforce les représentations lexicales préexistantes qui à leur tour renforcerait les capacités d'anticipation pendant le traitement du langage oral (Huettig & Brouwer, 2015; Mani & Huettig, 2012, 2014). En d'autres termes, l'activation rapide des représentations orthographiques pourrait conduire à un accès plus rapide des représentations lexicales, et ainsi soutenir l'efficacité du traitement de la parole et des processus d'anticipation qui y sont liés. Ce pattern de résultats est

similaire à ceux rapportés par d'autres études comparant les performances d'adultes lettrés et illettrés ou examinant les processus d'anticipation d'apprentis lecteurs (Huettig, Singh, et al., 2011; Mani & Huettig, 2012, 2014; Mishra et al., 2012; Smith et al., 2014). Huettig et Brouwer (2015) s'appuient sur ces précédentes études afin de conclure que les capacités en lecture (et plus précisément en lecture de mots) semblent moduler les capacités de prédictions pendant le traitement du langage oral.

Cependant, sur la base de ces résultats il semble difficile d'exclure la possibilité que la différence observée provienne, au moins en partie, des déficits phonologiques des individus dyslexiques, notamment en ce qui concerne la mémoire verbale à court-terme. Une étude menée chez les enfants suggère en effet que les performances des individus dyslexiques en compréhension de phrases orales seraient modulées par leurs capacités de mémoire verbale à court-terme (Robertson & Joanisse, 2010). Dans cette tâche, des enfants dyslexiques et normo-lecteur appariés en âge chronologique avaient pour consigne d'écouter des phrases présentées auditivement et de désigner l'image (parmi quatre) correspondant à la phrase entendue. La longueur et la complexité des phrases présentées était manipulées via l'ajout d'informations adjectivales (e.g., *The man is pointed at by the boy* [L'homme est pointé par le garçon] vs. *The man in the dark grey shirt is pointed at by the boy in the bright red pants* [L'homme en t-shirt gris foncé est pointé par le garçon en pantalon rouge vif]). De plus, la compréhension de phrases a été testée à travers trois conditions faisant varier le coût en mémoire de travail via la manipulation du délai entre la présentation de la phrase et celle des images. Lorsque la phrase et les images étaient présentées simultanément, aucune différence n'était observée entre participants dyslexiques et normo-lecteurs, quelques soient la longueur et la complexité de la phrase. Lorsque le coût en mémoire de travail était augmenté via l'introduction d'un délai entre la présentation de la phrase auditive et celle des images, les performances des deux groupes étaient affectées, particulièrement pour les phrases les plus complexes, mais l'effet de complexité de la phrase était de plus grande amplitude pour les enfants dyslexiques que pour les normo-lecteurs. De plus, les auteurs ont observé une corrélation entre la mémoire phonologique à court-terme et les performances en compréhension de phrase. Ceci suggère que les subtiles difficultés observées chez les individus dyslexiques en compréhension de phrases dans les conditions les plus difficiles (i.e., phrases longues et complexes et délais important entre la présentation de la phrase auditive et celle des images) pourraient provenir d'un déficit de mémoire phonologique à court-terme.

3. En résumé..

Plusieurs modèles proposent de décrire les processus impliqués dans le traitement du langage oral. Parmi eux, le modèle de la Cohorte (Marslen-Wilson, 1990) et le modèle TRACE (McClelland et al., 2014) font partie des plus influents et sont souvent opposés l'un à l'autre. En effet, ces deux modèles impliquent des postulats différents quant à la nature des processus impliqués dans la reconnaissance des mots. Le modèle de la Cohorte postule que les premiers stades de traitement du langage oral sont principalement basés sur des processus d'activation de nature *bottom-up* et que les informations de plus haut niveau n'influencent ce traitement que de manière plus tardive. Le modèle TRACE en revanche postule que la reconnaissance des mots est basée sur des processus de nature à la fois *top-down* et *bottom-up* dès les stades précoces de traitement. Dans le chapitre suivant (Chapitre 2), nous allons aborder la question de l'influence des représentations orthographiques sur le traitement du langage oral. Dans le cadre de l'étude de cette question, ces modèles conduisent à la formulation d'hypothèses différentes concernant les stades de traitement influencés par l'activation de ces représentations. Le modèle de la Cohorte prédit que les représentations orthographiques n'affecteront le traitement d'un mot parlé qu'après le stade d'accès lexical tandis que le modèle TRACE permet de prédire que ces représentations pourront influencer le traitement du mot de manière pré-lexicale.

Par ailleurs, ces modèles ont été élaborés dans le but d'expliquer les processus de traitement du langage oral chez les individus au développement typique. Chez les individus dyslexiques, malgré l'observation récurrente de déficits des traitements phonologiques, peu d'études se sont intéressées à l'impact de ces déficits sur la reconnaissance des mots parlés. La grande majorité des études ayant examiné cette question ont été menées chez l'enfant et suggèrent une contribution anormale des informations phonétiques-phonologiques en reconnaissance de la parole (Bonte & Blomert, 2004; Bonte et al., 2007; Goswami, 2011; Power et al., 2016). Chez l'adulte dyslexique, la seule étude ayant examiné les processus cognitifs sous-jacents à la reconnaissance des mots parlés suggère un déficit du stade de traitement lexical (Helenius et al., 2009). De manière générale, ces différentes études laissent supposer que les déficits des traitements phonologiques des individus dyslexiques pourraient affecter les processus cognitifs impliqués dans le traitement du langage oral. Les diverses représentations lexicales associées aux mots et impliquées dans leurs reconnaissance chez les normo-lecteurs pourraient donc contribuer de manière différente à la reconnaissance des mots chez les individus dyslexiques.

En contexte phrastique, certaines études menées chez les individus au développement typique suggèrent que les locuteurs se basent sur les informations syntaxiques et sémantiques afin de générer des prédictions de manière *top-down* permettant la pré-activation des diverses représentations liées aux mots (DeLong et al., 2005; Federmeier, 2007; Kutas & Federmeier, 2011; León-Cabrera et al., 2017). Toutefois, la nature des représentations pré-activées est encore fortement débattue (Brothers et al., 2015; Huettig, 2015) et de récentes études suggèrent que le recours à des mécanismes d'anticipation lors du traitement du langage oral pourrait être modulé par le niveau de lecture de l'individu (Huettig, Singh, et al., 2011; Kukona et al., 2016; Mani & Huettig, 2014; Mishra et al., 2012). Les adultes dyslexiques auraient plus de difficultés que les normo-lecteurs à utiliser les indices syntaxiques afin de générer des prédictions sur les mots à venir (Huettig & Brouwer, 2015). Ce pattern de résultats a été interprété comme suggérant que l'acquisition de représentations orthographiques stables renforcerait les représentations lexicales et permettrait de consolider les capacités d'anticipation en traitement du langage oral (Huettig & Brouwer, 2015; Mani & Huettig, 2012, 2014). Ces études suggèrent donc que les représentations orthographiques influenceraient de manière non négligeable les processus cognitif sous-jacents à la compréhension de phrases auditives.

CHAPITRE 2.

L'influence des représentations orthographiques sur le traitement de mots et de phrases parlés

Comme exposé dans le chapitre précédent, les modèles théoriques spécifiquement dédiés au traitement du langage oral ne prennent pas en compte l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de parole. Ceci peut s'expliquer par le fait que les propriétés du signal de parole sont fondamentalement différentes de celles de l'écrit. Les canaux sensoriels engagés dans la perception du langage oral sont différents de ceux engagés dans la lecture. Tandis qu'en condition typique de lecture les graphèmes constituant un mot sont accessibles de manière simultanée et que les mots sont séparés par des espaces, les phonèmes constituant un mot parlés sont accessibles de manière séquentielle au fur et à mesure qu'ils sont prononcés et les frontières de mots ne sont pas, la plupart du temps, explicitement marquées.

Toutefois, de nombreuses études montrent que l'apprentissage d'un système d'écriture influence profondément le traitement du langage oral. Étant donné la forte influence des représentations orthographiques sur les traitements phonologiques impliqués dans le traitement du langage oral, cette non prise en compte de l'influence de l'apprentissage d'un système d'écriture sur le traitement de la parole peut apparaître comme une limitation. En 1998, Uta Frith décrivait même l'acquisition d'un système d'écriture alphabétique comme un virus :

« [...] one might liken the possession of an alphabetic code to a virus. This virus infects all speech processing, as now whole word sounds are automatically broken up into sound constituents. Language is never the same again. This is not a cause for regret, since a benefit of this sort of 'brainwashing' is an improvement in memory; by keeping track of phoneme constituents, novel word sounds are remembered more accurately » (Frith, 1998, p.1011).

1. L'influence de l'orthographe sur le traitement de la parole chez le lecteur expert

Chez l'individu au développement typique, plusieurs études comparant les capacités phonologiques d'adultes lettrés et illettrés ou examinant l'influence des représentations orthographiques chez l'apprenti lecteur ont montré une forte influence de l'apprentissage d'un système alphabétique sur le traitement du langage oral. Cette influence s'observe dès les premières années d'apprentissage de la lecture (section 1.1), tant au niveau comportemental qu'au niveau de la structure anatomique et fonctionnelle du cerveau et des processus cognitifs associés aux traitements phonologiques (Castro-Caldas et al., 1998; Dehaene et al., 2010, 2015; Huettig, Lachmann, et al., 2018). Par ailleurs, cette influence a également été étudiée chez le lecteur expert, notamment à travers des tâches métaphonologiques engageant un traitement explicite des représentations phonologiques sous-lexicales (section 1.2). Cependant, l'utilisation de tâches métaphonologiques afin d'examiner l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de la parole a largement été critiqué du fait de leur propension à inciter les participants à avoir recours à diverses stratégies. Ces critiques ont conduit certains auteurs à étudier l'influence des représentations orthographiques via des tâches de reconnaissance de la parole impliquant le traitement des unités lexicales. Ceci a notamment été étudié via la manipulation de la consistance orthographique des mots (où l'on manipule le degré de correspondance entre orthographe et phonologie), ce qui nous intéresse particulièrement dans ce travail de thèse (section 1.3). Par ailleurs, plusieurs hypothèses ont été proposées concernant la nature de l'influence de ces représentations sur le traitement de la parole (section 1.4). Nous présenterons chacun de ces points dans les sections suivantes puis nous nous intéresserons, dans la section 2 de ce chapitre, aux études ayant examiné l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de la parole chez les individus dyslexiques.

1.1. L'influence de l'acquisition d'un système d'écriture alphabétique sur les traitements phonologiques

Apprendre à lire et à écrire dans un système alphabétique consiste à associer les lettres aux phonèmes qui leurs correspondent, ce qui entraîne un affinement des représentations phonologiques (Goswami & Bryant, 1990; Hagoort, 2017) et se traduit notamment par le développement de la conscience phonémique (Booth et al., 2004; Monzalvo & Dehaene-Lambertz, 2013). La conscience phonémique désigne la capacité à

analyser et découper de manière explicite la parole en phonèmes. Cette capacité permet par exemple de découper le mot CAGE en trois phonèmes (/k/, /a/, et /ʒ/) et de réaliser que les mots CAGE et BARQUE ont un son en commun (le phonème /k/). Plusieurs études comparant les performances d'adultes lettrés et illettrés ont montré que la conscience phonémique ne se développe pas de manière spontanée au cours de la maturation du système de traitement de la parole mais est amorcée par l'acquisition et croît avec la maîtrise d'un système d'écriture alphabétique (Morais, Cary, Alegria, & Bertelson, 1979; Morais, Castro, Scliar-Cabral, Kolinsky, & Content, 1987). De manière générale, les individus illettrés semblent éprouver des difficultés à traiter l'information phonologique de façon précise par rapport à des individus lettrés et obtiennent de faibles performances dans des tâches impliquant la suppression de phonème (Morais et al., 1979), la reconnaissance de mots en situation bruitée (Morais et al., 1987), ou la répétition de pseudomots (Reis & Castro-Caldas, 1997). Chez les individus lettrés, certaines études pionnières montrent que les connaissances orthographiques influencent très tôt les représentations phonologiques de l'individu, dès les premières années d'apprentissage de la lecture (Bruck, 1992; Castles, Holmes, Neath, & Kinoshita, 2003; Ehri & Wilce, 1980; Tunmer & Nesdale, 1982, 1985). Par exemple, dans une tâche où l'on demande à des enfants ayant entre 9 et 10 ans de segmenter un mot parlé en phonèmes, leurs performances sont largement influencées par la forme orthographique du mot à segmenter. Ainsi, lors de la segmentation des mots anglais *pitch* (i.e., /pitʃ/) et *rich* (i.e., /ritʃ/), les enfants comptabilisent un phonème supplémentaire dans le mot contenant une lettre de plus (Ehri & Wilce, 1980).

Des études plus récentes utilisant diverses techniques de neuro-imagerie suggèrent que l'apprentissage d'un système d'écriture affecte profondément la façon dont le cerveau analyse, catégorise, et mémorise la parole (Alario, Dufour, & Pattamadilok, 2016; Dehaene et al., 2010, 2015; Hagoort, 2017; Huettig, Kolinsky, et al., 2018). De plus, certaines études suggèrent que les régions cérébrales impliquées dans le traitement du langage écrit peuvent également influencer le traitement de la parole (Cone, Burman, Bitan, Bolger, & Booth, 2008; Dehaene et al., 2010; Desroches et al., 2010). L'apprentissage de l'écrit semble également induire un changement au sein des aires cérébrales impliquées dans le traitement des représentations phonologiques (Dehaene et al., 2010; Pattamadilok, Knierim, Kawabata Duncan, & Devlin, 2010; Perre, Pattamadilok, Montant, & Ziegler, 2009; van Atteveldt, Formisano, Goebel, & Blomert, 2004), et l'importance de ces changements semble être corrélée avec le niveau de compétence en lecture des individus (Monzalvo & Dehaene-

Lambertz, 2013). De plus, certaines études montrent que la maîtrise d'un système d'écriture renforcerait les connexions anatomiques entre les aires cérébrales impliquées dans le traitement du langage oral et celles impliquées dans le traitement du langage écrit (Thiebaut de Schotten, Cohen, Amemiya, Braga, & Dehaene, 2014; Yeatman et al., 2011; Yeatman, Dougherty, Ben-Shachar, & Wandell, 2012). Ces différentes études montrent que l'apprentissage d'un système d'écriture modifie les réseaux fonctionnels et anatomiques impliqués dans le traitement du langage oral.

1.2. L'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités sous-lexicales

Chez le lecteur expert, les représentations orthographiques semblent fortement influencer le traitement des mots parlés. Par exemple, certaines études montrent que la détection d'un phonème-cible (i.e., décider si un phonème donné est présent dans la séquence parlée entendue) est influencée par les représentations orthographiques du locuteur (Dijkstra, Roelofs, & Fieuw, 1995; Frauenfelder, Segui, & Dijkstra, 1990; Hallé, Chéreau, & Segui, 2000). Les phonèmes dont la correspondance orthographique est univoque (par exemple les phonèmes /t/, /p/, ou /b/ qui n'ont qu'une seule orthographe possible en hollandais) sont détectés plus rapidement que les phonèmes dont la correspondance orthographique n'est pas univoque (comme le phonème /k/ qui peut correspondre aux graphèmes C, QU, ou K en hollandais ; Frauenfelder et al., 1990). Cet effet des représentations orthographiques dans une tâche de détection de phonème a également été observé en français (Hallé et al., 2000). Par exemple, bien que le mot français *absurde* contienne la lettre B, il se prononce /apsyʁd/ du fait d'un phénomène dit d'assimilation de voisement. Cependant, Hallé et collègues (2000) montrent que lorsqu'ils ont à décider si la séquence entendue contient le phonème-cible /b/, les locuteurs détectent ce phonème lorsqu'on leur présente le mot *absurde*, mais pas lorsqu'on leur présente le mot *capsule*, alors même qu'aucun des deux mots ne le contient. De même, les locuteurs détectent davantage le phonème-cible /p/ dans *capsule* que dans *absurde* alors que les deux mots le contiennent. De manière similaire, certaines études montrent que dans une tâche de suppression ou de déplacement de phonème, les participants ont plus de facilité à effectuer la tâche lorsqu'il y a une correspondance directe entre graphème et phonème (e.g., /r/ dans le mot anglais *struggle*) que lorsque cette correspondance est indirecte (e.g., /w/ dans *squabble* ; Castles et al., 2003).

D'autres études montrent que lors d'une tâche de jugement de rime (i.e., décider si deux mots entendus partagent ou non la même rime phonologique), les locuteurs sont plus rapides à répondre que deux mots partagent la même rime lorsque les rimes s'orthographient de la même manière (e.g., *pouce* – *douce*) que lorsqu'elles s'orthographient différemment (e.g., *pouce* – *mousse*). Ils sont également plus lents à décider que deux mots ne riment pas lorsque leurs rimes partagent la même orthographe (e.g., *fille* – *ville*) que lorsque leurs orthographes sont différentes (e.g., *fille* – *fil*; Donnenwerth-Nolan et al., 1981; Pattamadilok, Kolinsky, Luksaneeyanawin, & Morais, 2008; Seidenberg & Tanenhaus, 1979). Plus récemment, des études menées en IRMf sur des enfants de primaire montrent que, lors de tâches auditives de jugement de rimes dans lesquelles les relations entre orthographe et phonologie ont été manipulées, les participants activent plus fortement l'aire visuelle des mots (VWFA, en anglais *Visual Word Form Area*) lorsque les informations phonologique et orthographique sont conflictuelles que lorsqu'elles ne le sont pas (Cone et al., 2008; Desroches et al., 2010). Cet ensemble de résultats a été interprété comme suggérant que les locuteurs activent de manière automatique les représentations orthographiques des mots lors du traitement de la parole, même lorsque cela peut nuire à leurs performances.

Cependant, l'hypothèse selon laquelle les représentations orthographiques seraient activées de manière automatique a largement été critiqué et certains auteurs ont interprété l'influence des connaissances orthographiques sur le traitement du langage oral comme résultant d'une activation stratégique (Cutler et al., 2010; Damian & Bowers, 2010). Par exemple, Cutler et collègues (2010) ont répliqué les résultats obtenus par Frauenfelder et collègues (1990) dans une tâche de détection de phonèmes en montrant que les phonèmes ayant une correspondance grapho-phonémique univoque sont détectés plus rapidement que ceux ayant une correspondance grapho-phonémique non univoque. Cependant, les auteurs ont également mis en évidence que cet effet n'apparaissait que lorsque l'orthographe des mots était rendue saillante par la présence de nombreux mots irréguliers. Ils en concluent que la détection d'un phonème n'est pas nécessairement influencée par les représentations orthographiques et que ces dernières ne sont pas automatiquement activées lors du traitement de mots parlés. Damian et Bowers (2010) suggèrent également que l'influence de l'orthographe observée en tâche de décision de rime dans l'étude menée par Seidenberg et Tanenhaus (1979) pourrait être de nature stratégique. Les auteurs avancent l'argument selon lequel des tâches métaphonologiques de ce type induisent l'utilisation de diverses stratégies qui pourraient favoriser l'implication des représentations orthographiques. En effet,

plusieurs études suggèrent que les processus cognitifs impliqués lors de tâches métaphonologiques sont différents de ceux impliqués lors de la reconnaissance des mots (Dial & Martin, 2017; Hickok & Poeppel, 2000, 2007). Cependant, Damian et Bowers soulignent tout de même le fait qu'un nombre croissant d'études impliquant des tâches moins sujettes au déploiement de telles stratégies rapportent une influence des représentations orthographiques sur le traitement du langage oral. Selon ces auteurs, les représentations orthographiques pourraient en effet avoir un impact sur le traitement de la parole, mais les tâches métaphonologiques impliquant le traitement explicite des représentations phonologiques sous-lexicales ne permettraient pas d'étudier cette influence.

1.3. L'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités lexicales

Bien que les conclusions tirées à partir des résultats obtenus dans des tâches métaphonologiques puissent être remises en question, de nombreuses études ont examiné l'influence des représentations orthographiques dans des tâches ne nécessitant pas l'analyse explicite des représentations phonologiques sous-lexicales. Cette question a en effet été examinée lors de tâches impliquant la reconnaissance de mots parlés et donc le traitement lexical de l'information auditive.

Par exemple, une étude comportementale menée en chinois (Qu & Damian, 2017) a examiné l'effet de chevauchement orthographique (le fait que l'un des radicaux contenu dans chacun des deux mots ait la même forme orthographique) lors d'une tâche de jugement d'association sémantique (i.e., les deux mots présentés auditivement sont-ils reliés sémantiquement ?). En chinois, les relations entre orthographe et phonologie sont beaucoup plus arbitraires que dans un système alphabétique et l'orthographe n'a pas les mêmes propriétés segmentales. Les résultats de cette étude montrent un effet d'inhibition lorsque les mots présentés étaient sémantiquement non-reliés mais partageaient un radical orthographique. Les auteurs interprètent ce résultat comme indiquant que les locuteurs du chinois sont affectés par les représentations orthographiques des mots lors de leur traitement en modalité auditive. Une étude en EEG montre également des résultats allant dans le sens de cette interprétation. Utilisant un paradigme d'amorçage lors d'une tâche de décision lexicale, Zou et collègues (2012) ont manipulé les relations entre amorces et cibles à travers quatre conditions : une condition dans laquelle l'orthographe et la phonologie du premier radical étaient identiques (e.g., 面包 /mian4/, 面孔 /mian4/), une condition dans

laquelle la phonologie était identique mais pas l'orthographe (e.g., 灯光 /deng1/, 登门 /deng1/), une condition dans laquelle l'orthographe était identique mais pas la phonologie (e.g., 长城 /chang2/, 长官 /zhang3/), et une condition dans laquelle l'orthographe et la phonologie différaient tous les deux (e.g., 海带 /hai3/, 电台 /dian4/). Les résultats montrent une amplitude moins négative de la composante N400 lorsque l'amorce et la cible partagent la même orthographe, indépendamment du partage de la phonologie. Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme indiquant que l'information orthographique est activée de manière automatique lors de la reconnaissance auditive de mots chinois (Zou, Desroches, Liu, Xia, & Shu, 2012).

L'effet de congruence orthographique a également été observé en français dans une tâche n'impliquant pas le traitement explicite des mots présentés (Pattamadilok, Morais, et al., 2014). Dans cette étude, les auteurs ont employé un paradigme de *mismatch-negativity* (MMN) dans lequel les participants regardent un film muet et ont pour consigne d'ignorer les stimuli auditifs qui leurs sont présentés. Dans ce type de paradigme, les stimuli sont constitués d'un stimulus dit standard (e.g., *tri*) et d'un stimulus dit déviant (e.g., *prix*). Le stimulus déviant est inséré de manière sporadique au sein d'une série de stimuli standards (e.g., *tri tri tri prix tri tri tri tri tri tri tri prix tri tri ...*). Les stimuli déviant élicitent typiquement une onde négative plus importante entre 100 et 200 ms (i.e., la composante MMN). Dans l'étude réalisée par Pattamadilok et collègues (2014), les stimuli standards et déviant pouvaient partager les mêmes rimes phonologique et orthographique (e.g., *tri – cri*) ou la même rime phonologique mais avoir une orthographe différente (e.g., *tri – prix*). Les résultats de cette étude montrent une plus grande amplitude la composante MMN élicitée par la condition déviante lorsque les deux types de stimuli étaient orthographiquement différents que lorsqu'ils partageaient la même rime orthographique. Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant que l'acquisition d'un système d'écriture modifie de manière profonde les processus de perception du langage oral, même lors de la perception non attentive du signal de parole.

L'influence des représentations orthographiques sur le traitement des mots a également largement été examinée via la manipulation de la consistance orthographique des de la rime, paramètre que nous manipulons également dans ce travail de thèse (Pattamadilok et al., 2008; Pattamadilok, Perre, & Ziegler, 2011; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Peereman, Dufour, & Burt, 2009; Perre, Bertrand, & Ziegler, 2011; Perre & Ziegler, 2008; Ventura, Kolinsky, Pattamadilok, & Morais, 2008; Ziegler & Ferrand, 1998; Ziegler,

Petrova, & Ferrand, 2008). La consistance orthographique fait référence au nombre d'orthographe possible d'une rime auditive donnée. Ainsi, un mot dont la rime phonologique n'a qu'une seule orthographe possible sera dit orthographiquement consistant (e.g., *table*, la rime /abl/ ne pouvant s'orthographier que d'une seule manière en français, comme dans *sable*, *fable*, etc). A l'inverse, un mot dont la rime phonologique a plusieurs orthographe possible sera dit orthographiquement inconsistant (e.g., *mousse*, la rime /us/ pouvant s'orthographier de différentes manières en français, comme dans *pouce*, *tous*, *mousse*, etc).

Au niveau comportemental, les mots contenant des rimes orthographiquement inconsistantes élicitent typiquement des temps de réaction plus longs que les mots contenant des rimes orthographiquement consistantes dans des tâches de décision lexicale (Pattamadilok, Morais, De Vyllder, Ventura, & Kolinsky, 2009; Rastle, McCormick, Bayliss, & Davis, 2011; Roux & Bonin, 2013; Ventura et al., 2008; Ventura, Morais, & Kolinsky, 2007; Ziegler & Ferrand, 1998; Ziegler et al., 2008) et de décision de genre (Peereman et al., 2009). Ces résultats ont été répliqués dans différentes langues telles que le français (Pattamadilok, Kolinsky, Ventura, Radeau, & Morais, 2007; Pattamadilok, Morais, et al., 2009; Ziegler & Ferrand, 1998; Ziegler et al., 2008), le portugais (Ventura et al., 2008, 2007), ou l'anglais (Ziegler et al., 2008) et soutiennent l'hypothèse selon laquelle les représentations orthographiques influencent la reconnaissance des mots parlés.

En EEG, les études menées sur des locuteurs de langues à système d'écriture alphabétique montrent que, lorsque l'inconsistance orthographique porte sur la première syllabe du mot, l'effet de consistance orthographique apparaît aux alentours de 300-400 ms après le début du stimulus (Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, & Ziegler, 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008). Dans ces études, les mots orthographiquement inconsistants élicitent une onde négative de plus grande amplitude que les mots consistants (cf. Figure 2.1) dans des tâches telles que la décision lexicale (Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008), la catégorisation sémantique (Pattamadilok, Perre, et al., 2009), ou même une tâche non-linguistique de détection de bruit (Perre et al., 2011). L'observation d'une plus grande négativité lors du traitement de mots inconsistant que lors de celui de mots consistants a été interprétée comme reflétant un traitement plus coûteux de l'information phonologique pour les mots orthographiquement inconsistants. De plus, l'effet de consistance orthographique observé au niveau des potentiels évoqués (PE) précède l'effet de

fréquence lexical (Pattamadilok, Perre, et al., 2009), ce qui a été interprété comme indiquant que les représentations orthographiques contribuent à l'accès au lexique.

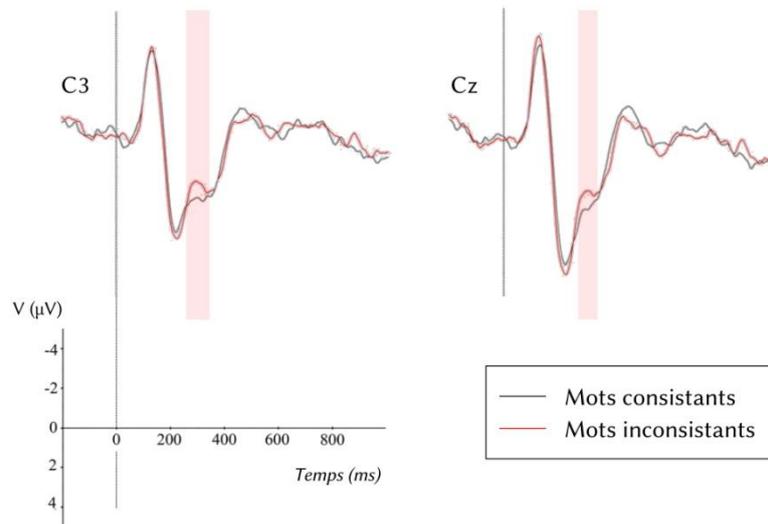


Figure 2.1 : Illustration de l'effet de consistance orthographique obtenu dans une tâche de détection de bruit (figure extraite de Perre et al., 2011). Les parties surlignées en rouge indiquent les fenêtres temporelles dans lesquelles l'effet de consistance orthographique est significatif. Les lignes rouges représentent les mots orthographiquement inconsistants, les lignes noires représentent les mots orthographiquement consistants.

Cependant, une étude EEG ayant examiné l'impact de la consistance orthographique sur le traitement de mots chinois montre l'effet inverse (Chen, Chao, Chang, Hsu, & Lee, 2016). Chen et collègues (2016) ont utilisé un paradigme *go/no-go* impliquant une tâche de catégorisation sémantique (i.e., les participants devaient fournir une réponse lorsque le mot présenté auditivement était un nom d'animal). Pour les mots pour lesquels aucune réponse n'était demandée (i.e., les essais *no-go*) la densité du nombre d'homophones (reflétant la variation orthographique au niveau du caractère entier) ainsi que la consistance orthographique (reflétant la variation orthographique au niveau du radical) des stimuli ont été manipulées. Les résultats montrent que l'effet de consistance orthographique apparaît sur la composante N400 (cf. Figure 2.2) au niveau des électrodes fronto-centrales. Le déroulement temporel ainsi que la distribution sur le scalp de cet effet de consistance est cohérent avec l'effet de consistance observé dans les langues à système d'écriture alphabétique. Cependant, le sens de l'effet est inversé par rapport à ce qui a été précédemment rapporté : les mots étant orthographiquement plus consistants ont élicité une amplitude plus négative que les mots étant moins consistants. De manière générale, les mots orthographiquement consistants ont également tendance à avoir davantage de voisins orthographiques que les mots inconsistants. Par conséquent, les auteurs suggèrent que l'activation d'un mot orthographiquement consistant induirait l'activation partielle des mots partageant la même

orthographe, ce qui éliciterait une plus grande amplitude de la composante N400 que les mots orthographiquement inconsistants. Cependant quel que soit le sens de l'effet, les résultats obtenus suggèrent que les représentations orthographiques influencent le traitement des mots parlés.

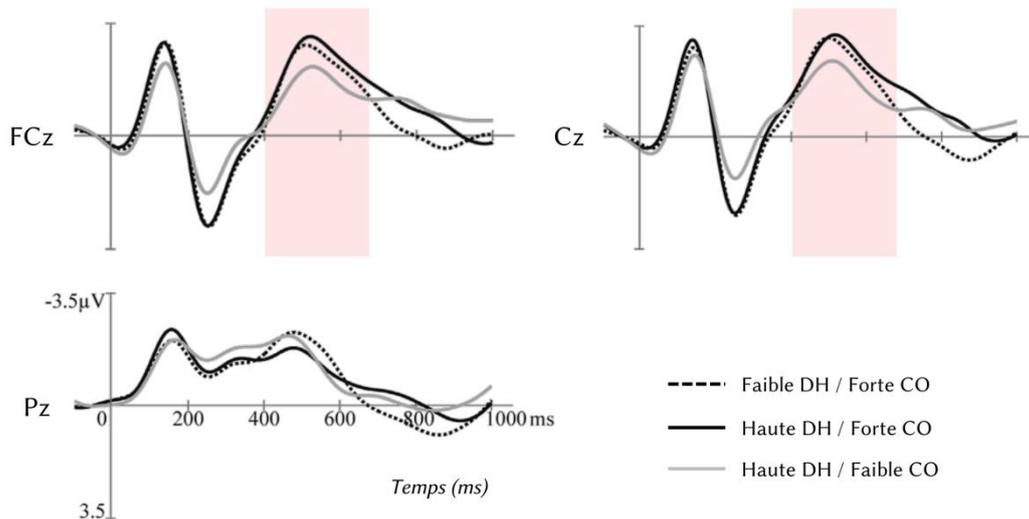


Figure 2.2 : Illustration de l'effet de consistance orthographique obtenu en langue chinoise dans une tâche de catégorisation sémantique (figure extraite de Chen et al., 2016). Les parties surlignées en rouge indiquent les fenêtres temporelles dans lesquelles l'effet de consistance orthographique est significatif. Les lignes en pointillés représentent les mots ayant une faible densité d'homophones et une forte consistance orthographique, les lignes noires représentent les mots ayant une haute densité d'homophones et une forte consistance orthographique, et les lignes grises représentent les mots ayant une haute densité d'homophones et une faible consistance orthographique.

Une étude a également examiné la question de l'influence des représentations orthographiques lors du traitement de phrases à l'aide du paradigme du *monde visuel* (Mitterer & Reinisch, 2015). Mitterer et Reinisch partent de l'observation qu'en parole naturelle, la prononciation des mots varie énormément et les phonèmes qui constituent les mots sont souvent supprimés ou réduits. Par exemple en anglais, le mot *probably* est souvent prononcé /pro^wli/ sans que les locuteurs de la langue aient conscience d'une telle réduction (Ernestus, 2013, 2014). Les auteurs considèrent ces formes réduites comme orthographiquement inconsistante puisque la forme phonologique du mot ne correspond plus à sa forme orthographique. Mitterer et Reinisch (2015) se basent sur l'observation selon laquelle en parole conversationnelle la plupart des mots subissent de telles transformations (Johnson, 2004) pour contester l'hypothèse selon laquelle les représentations orthographiques influenceraient le traitement de la parole en condition naturelle. Les auteurs testent cette théorie sur des locuteurs allemands en manipulant l'attaque de mots-cibles via deux phonèmes : /h/ et /ʔ/. En allemand, le phonème /h/ est retranscrit

orthographiquement par la lettre *h* tandis que le phonème /ʔ/ n'a pas de correspondance orthographique. Les auteurs postulent donc que si les représentations orthographiques influencent le traitement des mots parlés en situation naturelle, en traitement de phrases les locuteurs devraient être davantage affectés par la suppression du phonème /h/ que par celle du phonème /ʔ/. Ils présentent des phrases aux participants et examinent, via le paradigme du *monde visuel*, si la reconnaissance des mots-cibles contenant l'un ou l'autre de ces phonèmes est affectée par leur suppression. Les résultats montrent que la suppression des deux phonèmes affectait les performances des participants de la même manière : les mots phonologiquement réduits étaient reconnus moins rapidement que les mots non réduits. Cependant, la suppression du phonème /h/ n'affectait pas davantage les performances que celle du phonème /ʔ/. Mitterer et Reinisch (2015) interprètent ce résultat comme indiquant que la suppression d'un phonème ayant une transcription orthographique n'engendre pas de coût additionnel de traitement par rapport à la suppression d'un phonème n'ayant pas de transcription orthographique. De plus dans une seconde tâche, les auteurs ont également présenté aux participants les mêmes mots de manière isolée en leur demandant de juger sur une échelle de 1 à 5 si le mot était correctement prononcé. Les mots étaient également présentés sous leurs formes réduites et non réduites. Les résultats de cette tâche montrent que les formes réduites des mots dont le phonème supprimé était orthographiquement transcrit (i.e., /h/) étaient davantage jugées comme correspondant à une mauvaise prononciation que les formes réduites des mots dont le phonème supprimé n'avait pas de transcription orthographique (i.e., /ʔ/). Selon les auteurs, ces observations contredisent l'hypothèse selon laquelle l'inconsistance entre formes phonologique et orthographique engendre une difficulté de traitement en reconnaissance de mots : les connaissances orthographiques n'influenceraient pas le traitement de la parole lui-même mais plutôt la façon dont les locuteurs pensent à son propos.

Cependant, cette étude ne manipule pas la consistance orthographique au sens « traditionnel ». Typiquement, les études manipulant la consistance orthographique manipulent la rime des mots et non l'attaque. De plus, la rime d'un mot correspond souvent à plus d'un phonème et la manipulation des représentations orthographiques lui étant associées peut donc avoir une plus forte influence sur le traitement du mot que la manipulation des représentations orthographiques correspondant au phonème initial. Il semble donc nécessaire d'effectuer de plus amples recherches afin d'examiner l'influence de la consistance orthographique dans des situations de traitement du langage plus écologiques

que le traitement de mots isolés. Par ailleurs, l'utilisation du paradigme du *monde visuel* ne permet d'étudier les processus cognitifs sous-jacents au traitement auditif des mots. Examiner l'influence des représentations orthographiques en contexte phrastique via la technique de l'EEG pourrait permettre d'examiner ces processus cognitifs ainsi que l'influence et le décours temporel des représentations orthographiques.

1.4. La nature de l'influence des représentations orthographiques

L'influence des représentations orthographiques peut être expliquée par deux mécanismes distincts : cet effet pourrait résulter de l'activation en temps réel (*on-line*) des représentations orthographiques lors du traitement de la parole (Taft, 2011), ou d'une restructuration des représentations phonologiques induite par l'apprentissage d'un système d'écriture (Ziegler et al., 2008). Autrement dit, les différences de traitement observées au niveau des PE entre les mots orthographiquement consistants et inconsistants pourraient refléter soit un effet de compétition entre différentes unités sous-lexicales (Perre, Midgley, et al., 2009), soit une plus grande instabilité des représentations phonologiques des mots inconsistants (Montant, Schön, Anton, & Ziegler, 2011; Pattamadilok et al., 2010; Perre, Pattamadilok, et al., 2009), ou encore les deux (Dehaene et al., 2010, 2015).

L'hypothèse de l'activation en temps réel des représentations orthographiques pendant le traitement de la parole s'appuie sur l'idée qu'apprendre à lire consiste à établir des connexions entre les unités de la langue orale (les phonèmes) et celles de la langue écrite (les graphèmes). Selon cette hypothèse, le traitement d'un mot écrit active automatiquement les représentations phonologiques qui lui sont associées, et inversement, le traitement d'un mot parlé active automatiquement les représentations orthographiques de ce mot (Dehaene et al., 2010; Desroches et al., 2010; Grainger & Ferrand, 1996; Thiebaut de Schotten et al., 2014; Yeatman et al., 2012; Ziegler, Muneaux, & Grainger, 2003). Ceci présuppose que le traitement d'un mot, qu'il soit parlé ou écrit, fait appel aux aires cérébrales impliquées à la fois dans le traitement des mots visuels et dans celui des mots parlés. Cette hypothèse est soutenue par plusieurs études en imagerie cérébrale montrant une activation de la VWFA lors du traitement phonologique de mots parlés qui augmenterait avec le niveau de compétence en lecture de l'individu (Cone et al., 2008; Dehaene et al., 2010; Desroches et al., 2010). De plus, d'autres études montrent que l'apprentissage de la lecture renforce les connexions anatomiques entre les aires cérébrales impliquées dans le traitement des mots parlés et écrits (Thiebaut de Schotten et al., 2014; Yeatman et al., 2011, 2012). En EEG, une étude utilisant un paradigme d'amorçage et manipulant les relations entre orthographe et

phonologie des mots-amorces et des mots-cibles lors d'une tâche de décision lexicale auditive rapporte des résultats soutenant cette hypothèse (Perre, Midgley, et al., 2009). Dans cette étude, le mot-amorce pouvait être relié au mot-cible à la fois orthographiquement et phonologiquement (e.g., *beef* – *reef*), phonologiquement uniquement (e.g., *leaf* – *reef*), ou non-relié (e.g., *sick* – *reef*). Les résultats montrent un effet facilitateur de l'amorce sur la phase précoce de la composante N400 à la fois pour les mots reliés phonologiquement et orthographiquement et pour les mots reliés phonologiquement uniquement : l'amplitude de la composante N400 était moins importante lorsque les mots étaient reliés que lorsqu'ils étaient non-reliés. De plus, l'effet de facilitation était plus important pour les mots reliés à la fois orthographiquement et phonologiquement que pour les mots reliés phonologiquement uniquement. Par ailleurs, la distribution topographique de ces effets de facilitations était différente. L'effet de facilitation orthographique était significativement plus important que l'effet de facilitation phonologique au niveau des électrodes frontales et fronto-centrales. Les auteurs interprètent ces résultats comme suggérant l'existence de connexions bidirectionnelles entre les systèmes phonologique et orthographique (Grainger & Ferrand, 1996; Grainger & Ziegler, 2007; Ziegler et al., 2003). Selon eux, si l'effet de facilitation orthographique était dû à une restructuration des représentations phonologiques, les effets de facilitations orthographique et phonologique devraient être observés au sein des mêmes régions. À l'inverse, si les représentations orthographiques sont activées en temps réel, la distribution topographique associée aux effets de facilitation orthographique et phonologique devrait être différente, ce qui est le cas dans leur étude.

Cependant, d'autres études fournissent des résultats en faveur de l'hypothèse selon laquelle l'influence des représentations orthographiques serait due à une restructuration des représentations phonologiques pendant l'acquisition de la lecture (Montant et al., 2011; Pattamadilok et al., 2010; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; van Atteveldt et al., 2004). Trois hypothèses différentes peuvent permettre d'expliquer cette restructuration. L'apprentissage de la lecture dans une langue à système alphabétique pourrait permettre d'affiner les représentations phonologiques en permettant notamment le développement de la conscience phonémique (Morais et al., 1979; Read, Zhang, Nie, & Ding, 1986). L'apprentissage de la lecture pourrait également transformer les représentations phonologiques en représentations dites phonographiques via l'établissement de fortes connexions entre graphèmes et phonèmes (Taft, 2006; Taft & Hambly, 1985). Selon cette hypothèse, les représentations phonologiques associées à la rime des mots *mousse* et *trousse*

seraient différentes de celles associées à la rime du mot *pouce*. Enfin, la dernière hypothèse présuppose que l'exposition à une orthographe donnée renforce les représentations phonologiques qui lui sont associées et contribue ainsi à moduler le niveau d'activation des représentations phonologiques. Ces trois hypothèses présupposent que l'apprentissage de la lecture induit des changements dans les aires cérébrales faisant partie du réseau de traitement de la parole et que les effets orthographiques résultant de ce mécanisme n'impliquent pas l'activation des aires cérébrales faisant partie du réseau de traitement de la lecture (Pattamadilok et al., 2010; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Ziegler et al., 2008). L'hypothèse d'une restructuration des représentations phonologiques est soutenue par plusieurs résultats expérimentaux. Dans une étude utilisant la technique de la stimulation magnétique transcrânienne (TMS), Pattamadilok et collègues (2010) ont montré que l'effet de consistance orthographique observé en tâche de décision lexicale (i.e., des temps de réaction plus courts pour les mots consistants que pour les mots inconsistants) était supprimé lors de la perturbation du gyrus supramarginal gauche (impliqué dans les traitements phonologiques), mais pas lors de la perturbation du cortex ventral occipitotemporal gauche (impliqué dans les traitements orthographiques). En EEG, Perre, Pattamadilok et collègues (2009) ont examiné cette question à travers une tâche de décision lexicale dans laquelle la consistance orthographique des mots avait été manipulée. Dans cette étude, les auteurs ont examiné les possibles générateurs corticaux impliqués dans l'effet de consistance observé au niveau des PE à l'aide d'une analyse de tomographie électromagnétique normalisée à basse résolution (sLORETA). Les résultats montrent clairement que l'effet de consistance orthographique est localisé dans le gyrus temporal supérieur impliqué dans les traitements phonologiques.

Cependant, les hypothèses de l'activation en temps réel des représentations orthographiques et celle de la restructuration des représentations phonologiques ne sont pas mutuellement exclusives. L'apprentissage d'un système d'écriture pourrait conduire à la fois à une restructuration des représentations phonologiques et à l'activation en temps réel des représentations orthographiques pendant le traitement de la parole (Chen et al., 2016; Dehaene et al., 2010). En effet, Chen et collègues (2016) ont également effectué une analyse de reconstruction des sources corticales sous-jacentes aux effets de consistance orthographique et de densité du nombre d'homophones observés en PE. L'effet de consistance orthographique était localisé à la fois dans les régions frontales et temporo-pariétales impliquées dans les traitements phonologiques, et dans la région du cortex visuel

supérieur impliqué dans les traitements orthographiques. L'effet de la densité du nombre d'homophones était localisé à la fois dans le gyrus temporal moyen impliqué dans la sélection lexico-sémantique et dans la jonction temporo-occipital impliquée dans les traitements orthographiques. Ce pattern de résultats soutient donc les deux hypothèses. Ayant été obtenus en langue chinoise, il est difficile de savoir si ces résultats sont généralisables aux locuteurs de langues à système d'écriture alphabétique. Cependant, dans une étude comparant des adultes portugais et brésiliens lettrés et illettrés, Dehaene et collègues (2010) montrent que lors du traitement de la parole, l'acquisition d'un système d'écriture modifie la contribution des aires cérébrales impliquées dans le traitement du langage oral ainsi que celle des aires cérébrales impliquées dans le traitement du langage écrit. Ces résultats suggèrent que l'apprentissage d'un système d'écriture modifie la contribution des régions impliquées dans les deux types de traitement (i.e., phonologique et orthographique) lors du traitement de la parole. Ceci suggère également que les effets orthographiques observés dans les différentes études lors du traitement de la parole pourraient provenir à la fois de l'activation en temps réel des représentations orthographiques et d'une restructuration des représentations phonologiques.

2. L'influence de l'orthographe sur le traitement de la parole chez l'individu dyslexique

L'un des déficits les plus observés chez les individus dyslexiques est leur extrême difficulté à associer les unités graphiques du langage écrit aux unités phonémiques de la langue orale, difficulté qui persiste à l'âge adulte (Blau et al., 2009). Étant donné la persistance et l'importance de cette difficulté, il semble envisageable que l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de mots parlés soit différente chez cette population par rapport aux normo-lecteurs. Jusqu'à présent, très peu d'études ont examiné cette question chez les individus dyslexiques.

Tout comme chez les normo-lecteurs, les études ayant examiné cette question ont utilisé deux grands types de tâches : des tâches métaphonologiques qui demandent aux participants d'effectuer un traitement explicite des représentations phonologiques sous-lexicales (section 2.1), et des tâches de reconnaissances de la parole impliquant le traitement d'unités lexicales (section 2.2).

2.1. L'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités sous-lexicales

Les rares études ayant examiné l'impact des représentations orthographiques chez les individus dyslexiques à l'aide de tâches métaphonologiques rapportent des résultats contradictoires. Les études menées rapportent soit une moins grande influence des représentations orthographiques chez les participants dyslexiques que chez les normo-lecteurs (Landerl et al., 1996; Zecker, 1991), soit une influence d'amplitude égale dans les deux populations (Pattamadilok, Nelis, & Kolinsky, 2014), ou encore une plus grande influence des représentations orthographiques chez les participants dyslexiques que chez les normo-lecteurs (McPherson, Ackerman, & Dykman, 1997; Rack, 1985).

Dans l'étude menée par Landerl et collègues (1996), des participants dyslexiques et normo-lecteurs ont effectué trois tâches de conscience phonémique : 1) une tâche de comptage de phonèmes, 2) une tâche de suppression du phonème initial, et 3) une tâche de suppression du dernier phonème. Dans ces trois tâches, la transparence orthographique des mots avait été manipulée : les mots utilisés étaient orthographiquement transparents (e.g., les mots anglais *ham* et *hot* dans lesquels toutes les lettres se prononcent) ou contenaient une lettre muette (e.g., *lamb* et *what*). Les auteurs prédisent que si les participants sont influencés par les représentations orthographiques des mots, un phénomène dit d'intrusion orthographique devrait être observé (i.e., compter un phonème supplémentaire pour les mots contenant une lettre muette ou prononcer la lettre muette dans les tâches de suppression de phonème). Les résultats montrent que les enfants dyslexiques sont moins influencés par les représentations orthographiques que les normo-lecteurs quel que soit le type de tâche. Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant que le lexique mental des individus dyslexiques comporte moins de connexions entre orthographe et phonologie que celui des normo-lecteurs. Ces résultats vont dans le sens de ceux rapportés par Zecker (1991) dans une tâche auditive de détection de rimes. Dans ce types de tâche, les relations entre orthographe et phonologie sont typiquement manipulées de sorte à ce que les mots ayant la même rime phonologique partagent ou non la même rime orthographique (e.g., les paires de mots anglais *cat* – *hat* vs. *true* – *shoe*, respectivement), et inversement, que les mots qui ne riment pas partagent ou non la même orthographe (e.g., *food* – *blood* vs. *rake* – *trip*, respectivement). Dans cette étude, Zecker rapporte que pour les paires partageant la même rime phonologique, les temps de réaction étaient plus courts lorsque les mots partageaient également la même orthographe. Cependant cet effet de

facilitation était plus important chez les participants normo-lecteurs que chez les participants dyslexiques. L'auteur interprète ce résultat comme indiquant que les individus dyslexiques ont moins de facilité à activer les représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés que les normo-lecteurs de même âge chronologique.

En revanche, utilisant également une tâche auditive de détection de rimes, McPherson et collègues (1997) rapportent un effet facilitateur plus important chez les participants dyslexiques comparé aux normo-lecteurs pour les mots partageant à la fois la même rime phonologique et orthographique par rapport au mots partageant la même rime phonologique mais ayant des orthographe différentes. Les auteurs en concluent que les représentations orthographiques sont automatiquement activées dans les deux groupes. Rack (1985) rapporte le même pattern de résultats et suggère que les difficultés des individus dyslexiques à maintenir en mémoire la forme phonologique des mots les pousseraient à s'appuyer sur les représentations orthographiques qui leur sont associées. Il semble important de noter que ces quatre études ont été réalisées sur des populations d'enfants ou d'adolescents. Il est donc envisageable que ces types de populations manifestent davantage de variabilité qu'une population d'adultes. En effet chez les adultes, les capacités de lecture et de traitement du langage oral ont atteint leurs maturités et sont donc plus stables que celles des enfants.

À notre connaissance, une seule étude a examiné l'influence des représentations orthographiques sur le traitement explicite des représentations phonologiques sous-lexicales chez les adultes dyslexiques (Pattamadilok, Nelis, et al., 2014). Dans cette étude, Pattamadilok, Nelis et Kolinsky ont également présenté les participants à une tâche auditive de détection de rimes. Les résultats montrent un pattern quelque peu différent de ceux présentés dans les précédentes études : aucun des deux groupes ne montre d'effet de facilitation (i.e., des temps de réaction plus courts et un taux d'erreurs moins élevé) lorsque les mots rimaient et partageaient la même orthographe par rapport à lorsqu'ils rimaient mais ne partageaient pas la même orthographe. Cependant, les deux groupes exhibaient un effet d'inhibition (i.e., des temps de réaction plus longs et un taux d'erreurs plus élevé) lorsque les mots ne rimaient pas mais qu'ils partageaient la même orthographe. Cet effet d'inhibition ne variait pas en fonction des habiletés liées à la lecture. Les auteurs interprètent ce résultat comme suggérant qu'à l'âge adulte, les participants utiliseraient l'information orthographique comme stratégie de vérification lorsque l'appariement des mots sur la base de leurs formes phonologiques ne donne pas de résultat positif (i.e., lorsque

les mots ne riment pas). Par ailleurs, afin d'examiner l'influence des représentations orthographiques lors du traitement lexical de l'information phonologique ne nécessitant pas l'analyse explicite des unités phonologiques sous-lexicales, Pattamadilok, Nelis, et Kolinsky (2014) ont présenté les mêmes participants à une tâche de décision lexicale auditive dans laquelle la consistance orthographique des mots avait été manipulée. Ces résultats sont exposés dans la section suivante.

2.2. L'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités lexicales

À travers la littérature, seulement deux études ont examiné l'influence des représentations orthographiques sur le traitement d'unités lexicales chez les adultes dyslexiques (Pattamadilok, Nelis, et al., 2014) et chez les enfants (Ziegler & Muneaux, 2007). Dans les deux études, les auteurs examinent cette question via une tâche de décision lexicale auditive. Les résultats obtenus par Pattamadilok, Nelis, et collègues (2014) montrent un effet de consistance orthographique pour les deux populations lors du traitement des mots : les participants des deux groupes répondaient plus rapidement pour les mots orthographiquement consistants que pour les mots orthographiquement inconsistants. Bien que l'effet de consistance orthographique soit significatif dans les deux populations, la taille de l'effet était modulé par les habiletés liées à la lecture : les participants ayant de moins bonnes capacités de lecture exhibaient un effet de consistance moins important, indépendamment du diagnostic de dyslexie.

Dans l'étude menée par Ziegler et Muneaux (2007), l'influence des représentations orthographiques a été examinée via la manipulation de la densité du nombre de voisins orthographiques et phonologiques. Les résultats obtenus montrent un effet d'inhibition du nombre de voisins phonologiques (i.e., des temps de réaction plus longs pour les mots ayant plus de voisins phonologiques que pour ceux en ayant moins) à la fois chez les participants normo-lecteurs et dyslexiques. En revanche, le nombre de voisins orthographiques avait un effet facilitateur sur la reconnaissance des mots parlés chez le groupe de normo-lecteurs uniquement. Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme indiquant que l'influence des connaissances orthographiques pendant le traitement du langage oral est dépendant du diagnostic de dyslexie. Cependant, cette étude a été menée sur des enfants de 11 ans dont les capacités de lectures ne sont pas encore entièrement stabilisées.

En somme, les résultats de l'étude menée par Ziegler et Muneaux (2007) suggèrent que seuls les normo-lecteurs sont influencés par les représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés, tandis que ceux rapportés par Pattamadilok et collègues (2014) suggèrent que les deux populations sont affectées par ce facteur. Dans l'étude menée par Pattamadilok et collègues (2014), l'influence des représentations orthographiques n'est pas modulée par le diagnostic de dyslexie mais par le niveau d'habileté en lecture des participants. Chez ces populations d'adultes les capacités en lecture sont stabilisées, qu'ils soient dyslexiques ou normo-lecteurs. Par ailleurs, certaines études suggèrent que les dyslexiques adultes pourraient avoir développé des stratégies compensatoires leurs permettant de pallier à leurs déficits (Beidas et al., 2013; Bruck, 1990; Lefly & Pennington, 1991; Lesaux et al., 2006; Miller-Shaul, 2005; Parrila et al., 2007). Il est donc possible que dans cette population spécifique, certains des participants dyslexiques aient développé davantage de connexions entre représentations phonologiques et orthographiques afin de contourner, dans une certaine mesure, les déficits des traitements phonologiques typiquement éprouvés par cette population.

Par ailleurs, ces deux études se sont concentrées sur l'analyse de marqueurs comportementaux (i.e., les temps de réaction et le taux de réponses correctes) et sur le traitement de mots isolés. Les temps de réaction et le taux de réponses correctes représentent la somme de différents types de traitement et ne permettent pas d'explorer le déroulement temporel de l'activation des représentations orthographiques. Étant donné l'importance des difficultés des individus dyslexiques à associer les unités graphiques du langage écrit aux unités phonémiques de la langue orale, le déroulement temporel de l'activation des représentations orthographiques en traitement du langage oral pourrait être différent chez cette population par rapport aux normo-lecteurs. De plus, en lecture comme en traitement de phrases auditive, certaines études suggèrent que les individus dyslexiques utiliseraient le contexte sémantique et syntaxique de manière différente comparé aux normo-lecteurs (Bruck, 1990; Huettig & Brouwer, 2015; Ransby & Swanson, 2003). Il est donc possible que l'insertion d'un mot-cible dans un contexte phrastique module de manière différente la contribution des diverses représentations liées à ce mots chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs.

3. En résumé...

Bien que de nombreuses études suggèrent que le traitement de la parole est influencé par les représentations orthographiques des mots (Chen et al., 2016; Frith, 1998; Huettig, Lachmann, et al., 2018; Pattamadilok et al., 2010; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Pattamadilok, et al., 2009), les modèles théoriques spécifiquement dédiés au traitement du langage oral ne prennent pas explicitement en compte l'influence de ces représentations.

La question de l'influence des représentations orthographiques sur le traitement du langage oral a majoritairement été étudiée chez les normo-lecteurs et via le traitement de mots isolés. Chez cette population, les études EEG rapportées dans la littérature montrent que les représentations orthographiques influencent le traitement des mots entre 300 et 400 ms (Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008; Zou et al., 2012). Dans cette fenêtre temporelle, certaines études montrent que les mots orthographiquement inconsistants élicitent une onde négative plus importante que les mots orthographiquement consistants (Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008) tandis qu'une autre montre le pattern de résultats inverse (Chen et al., 2016). Les études ayant rapporté l'observation d'une onde plus négative lors du traitement de mots inconsistants interprètent ce résultat comme suggérant un accès lexical plus difficile pour les mots inconsistants (Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008). En revanche, Chen et collègues (2016) suggèrent que, les mots consistants ayant tendance à avoir davantage de voisins orthographiques que les mots inconsistants, ils induiraient l'activation d'un plus grand nombre de candidats lexicaux qui se refléterait par une plus grande amplitude de l'onde négative. Quoiqu'il en soit, ces études rapportent des résultats contradictoires ce qui souligne l'importance de réaliser d'autres recherches.

De plus, une seule étude a examiné cette question lors du traitement de phrases (Mitterer & Reinisch, 2015) et suggère qu'en situation plus écologique de traitement du langage, les représentations orthographiques n'influencent pas le traitement des mots. Cependant dans cette étude les auteurs ont manipulé la consistance orthographique de l'attaque des mots et le fait que le phonème initial soit orthographiquement transcrit ou non. Ce type de manipulation ne correspond pas à la manipulation « traditionnelle » de la

consistance orthographique. De plus, les auteurs ont utilisé le paradigme du *monde visuel*, ce qui permet uniquement d'obtenir un indice global de traitement du mot (tout comme les temps de réaction ou le taux de réponses correctes). Il semble donc important d'effectuer d'autres études utilisant par exemple la technique de l'EEG afin d'examiner la possible influence des représentations orthographiques et le décours temporel de l'activation de ces représentations en traitement de phrases.

Chez les adultes dyslexiques, une seule étude a examiné l'influence de la consistance orthographique des mots sur le traitement d'unités lexicales (Pattamadilok, Nelis, et al., 2014). Cette étude montre que l'influence des représentations orthographiques n'était pas modulée par le diagnostic de dyslexie mais par les compétences en lecture des participants. Cependant, l'analyse de réponses comportementales telles que les temps de réaction ou le taux de réponses correctes ne permet pas d'examiner le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques. Étant donné l'importance des déficits des traitements orthographiques et phonologiques chez les individus dyslexiques, l'influence des représentations orthographiques en traitement du langage oral pourrait être retardée (ou absente) chez cette population par rapport aux normo-lecteurs. De plus, en lecture comme en traitement de phrases auditive, certaines études suggèrent que les individus dyslexiques utiliseraient le contexte sémantique et syntaxique de manière différente comparé aux normo-lecteurs (Bruck, 1990; Huettig & Brouwer, 2015; Ransby & Swanson, 2003). Il est donc possible qu'en situation plus écologique de traitement du langage (i.e., lors de l'insertion d'un mot-cible dans un contexte phrastique) l'influence des représentations orthographiques soit modulée par le contexte de manière différente chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs.

CHAPITRE 3.

La reconnaissance des mots écrits : traitement de mots isolés et traitement de phrases

L'acquisition du langage oral précède celui de l'écrit et consiste, de façon très générale, à élaborer, mémoriser et associer les représentations phonologiques et sémantiques des mots. Plus tard lorsqu'un enfant apprend à lire et à écrire, il apprend à mettre en lien les représentations orthographiques nouvellement acquises avec les représentations phonologiques et sémantiques déjà stockées dans son lexique mental. Chez l'apprenti lecteur, la reconnaissance d'un mot écrit commence par la traduction de chaque graphème en phonème afin de retrouver la forme phonologique associée à une orthographe donnée (Coltheart & Leahy, 1996). Chez le lecteur expert, la reconnaissance des mots écrits est quasi-réflexe (Guttentag & Haith, 1978), ce qui permet de reconnaître en moyenne cinq mots par seconde (Seidenberg & McClelland, 1989; Sprenger-Charolles & Colé, 2013).

La reconnaissance des mots écrits étant l'un des domaines les plus largement étudiés de la recherche en psychologie cognitive, il existe de nombreux modèles proposant d'expliquer les mécanismes cognitifs sous-jacents à leur traitement. Deux grandes catégories de modèles sont particulièrement influentes et souvent opposées : les modèles connexionnistes et les modèles non-connexionnistes (Coltheart, 2005; Damper & Marchand, 2000). Tandis que la plupart des modèles connexionnistes proposent de modéliser les réseaux de neurones impliqués dans une activité donnée, les modèles non-connexionnistes proposent de modéliser la façon dont les différents modules de traitement impliqués dans cette activité communiquent entre eux. Dans les modèles connexionnistes, le terme de « connexion » renvoie aux connexions physiques entre différents réseaux de neurones. Dans les modèles non-connexionnistes, ce terme désigne les mécanismes de communication entre les différents modules intégrés au modèle et ne renvoie pas à un objet physique ou concret. Par ailleurs, bien que les deux catégories de modèles aient pour objectif de simuler les résultats expérimentaux obtenus chez l'humain, les modèles connexionnistes ont généralement été développés via l'application d'algorithmes d'apprentissage d'un réseau de neurones à un ensemble de stimuli d'entraînement, tandis que l'architecture des modèles non-connexionnistes est typiquement spécifiée sur la base des effets empiriques que le modèle se propose d'expliquer (Coltheart, 2005).

La plupart de ces modèles ont initialement été élaborés dans le but de rendre compte du traitement de mots isolés, présupposant qu'au-delà du niveau de l'accès lexical, les mécanismes engagés dans la compréhension du langage ne seraient pas spécifiques à la lecture (Plaut, 2008). Cependant en situation normale de lecture, le lecteur fait généralement face à des phrases ou des textes plutôt qu'à des mots isolés. Certains auteurs ont donc proposé un cadre plus général de la lecture faisant le lien entre les capacités de reconnaissance des mots écrits et les habilités de compréhension en lecture (Perfetti & Stafura, 2014). D'autres auteurs ont également tenté de modéliser les mécanismes sous-jacents à la lecture de phrases. Contrairement aux modèles qui tentent d'expliquer les mécanismes impliqués dans le traitement de mots isolés, ces modèles prennent également en compte le contrôle des mouvements oculaires. Ce type de modèles a notamment pour avantage de fournir un cadre théorique à l'interprétation des effets observés sur les différentes mesures d'enregistrement des mouvements oculaires.

Dans le cadre de l'étude de l'influence de la consistance phonologique sur le traitement de mots écrits, les modèles à double voie et les modèles connexionnistes conduisent à différentes prédictions. Les modèles à double voie postulent que les connaissances à propos de la prononciation des mots sont stockées sous forme de règles de conversion grapho-phonémiques. Par conséquent, ce type de modèles prédit que la régularité des règles de conversion grapho-phonémique affectera le traitement des mots lus via l'application de la procédure de décodage, tandis que la consistance phonologique affectera uniquement le traitement des mots lus via l'application de la procédure orthographique (Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1993). En revanche, les modèles connexionnistes postulent que les connaissances à propos de la prononciation des mots sont représentées par des ensembles d'unités (graphiques et phonologiques) et par le poids de leurs connexions. Les mêmes ensembles d'unités et de connexions étant utilisés pour la lecture de tous les mots, ce type de modèles conduit à la prédiction que l'identification des mots sera influencée par les représentations phonologiques qui leurs sont associées qu'ils soient reconnus principalement par le biais des connexions entre orthographe et sémantique ou par celui des connexions entre orthographe et phonologie. Par ailleurs, l'Hypothèse de la Qualité Lexicale proposée par Perfetti et collègues (2002, 2007, 2014) présuppose qu'en lecture de phrases, les capacités de compréhension sont principalement modulées par les capacités de reconnaissance des mots. Cette hypothèse conduit donc à la prédiction que l'influence des représentations phonologiques sur le traitement des mots pourrait être

similaire lorsque les mots sont présentés en isolation ou insérés dans un contexte phrastique.

1. La lecture de mots et de phrases chez le lecteur expert

Dans cette partie, nous commencerons par présenter le modèle de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale développé par Perfetti et collaborateurs (2002, 2007, 2014 ; section 1.1) qui proposent un cadre général de la lecture mettant en lien les mécanismes impliqués dans le traitement de mots isolés et en compréhension de phrases. Puis nous présenterons brièvement deux des modèles les plus influents dans le domaine de la recherche en psychologie cognitive. 1) le modèle à double voie développé par Coltheart (1978, 2006, 2012, 2018 ; section 1.2) car il conserve une forte influence dans le domaine de l'évaluation cognitive et neuropsychologique de la lecture, notamment dans l'interprétation des déficits observés chez les lecteurs dyslexiques (Martin et al., 2010). Et 2) le modèle connexionniste en triangle développé par Harm et Seidenberg (2004 ; section 1.3) qui est actuellement l'un des modèles les plus influents dans le domaine de la recherche sur les processus cognitifs impliqués dans la lecture. Ces deux modèles ont été élaborés dans le but de rendre compte des mécanismes cognitifs impliqués dans la reconnaissance de mots isolés. Cependant, l'activité de lecture en situation naturelle implique davantage le traitement de phrases et le recours à des mécanismes d'intégration sémantique. De plus, l'activité de lecture implique nécessairement les mouvements oculaires et leur planification (inconsciente), au moins en lecture de phrases ou de textes. Dans deux des études qui seront présentées par la suite (Partie 2 – Études expérimentales, Chapitres 7 et 8) nous utilisons la technique des mouvements oculaires afin d'examiner les processus cognitifs impliqués dans l'activité de lecture. Par conséquent, nous présenterons également le modèle du lecteur E-Z développé par Reichle et collègues (2003, 2011, 2016 ; section 1.4) dans le but de modéliser les différents stades du contrôle des mouvements oculaires lors de la lecture. Enfin, nous décrirons résultats rapportés dans la littérature concernant l'influence du contexte sémantique sur la reconnaissance des mots écrits (section 1.5).

1.1. L'Hypothèse de la Qualité Lexicale

Le modèle de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (en anglais, *Lexical Quality Hypothesis*) proposé par Perfetti et collègues (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014) considère le lexique mental comme un élément charnière entre deux des

systèmes impliqués dans la lecture : le système de reconnaissance des mots et le système de la compréhension. Le système de reconnaissance des mots requiert l'acquisition de connaissances orthographiques et linguistiques de *haute qualité* afin de permettre une reconnaissance rapide des unités lexicales. Le système de la compréhension quant à lui utilise l'information fournie par le système de reconnaissance des mots et intègre les mots reconnus dans la phrase ou le texte afin d'en construire le sens. Le modèle de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale propose un cadre général de la lecture qui intègre à la fois les capacités de compréhension en lecture, de reconnaissance des mots écrits, et les capacités relatives au langage oral (Perfetti, Landi, et al., 2005). Dans ce modèle, la compréhension d'un texte est conçue comme l'assemblage interactif de processus *top-down* (basés sur les connaissances générales de l'individu) et *bottom-up* (basés sur la reconnaissance des mots).

Dans le cadre de cette hypothèse, le rôle fondamental accordé au lexique mental repose sur l'idée que l'accès au sens des mots est un aspect central de la lecture de phrases (cf. Figure 3.1). Il correspond à la fois au résultat du système de reconnaissance des mots et à l'input du système de compréhension (Perfetti, 2007; Perfetti & Stafura, 2014). Par conséquent, la compréhension d'un texte dépend à la fois de la compréhension des mots qui le constituent et de leur intégration dans une représentation schématique mentale du texte (Perfetti et al., 2008; Yang, Perfetti, & Schmalhofer, 2006, 2007). L'apprentissage des mots dépend de l'acquisition d'informations à propos de leurs formes et de leurs sens (Bolger, Balass, Landen, & Perfetti, 2008; Perfetti, Wlotko, & Hart, 2005; van Daalen-Kapteijns & Elshout-Mohr, 1981). De plus, la présence de connexions bidirectionnelles entre le lexique mental et le système de compréhension permet l'apprentissage de nouveaux mots rencontrés dans une phrase ou un texte. L'Hypothèse de la Qualité Lexicale postule que des variations dans la qualité des représentations liées aux mots peuvent influencer les capacités de lecture et de compréhension. Des représentations lexicales *de bonne qualité* contiennent des informations à propos de la forme des mots qui sont correctement spécifiées et partiellement redondantes (i.e., représentations orthographiques et phonologiques) ainsi que des représentations sémantiques flexibles permettant l'extraction rapide et stable du sens des mots dans la phrase. Une *bonne qualité* des représentations lexicales serait nécessaire à l'acquisition d'une lecture fluide et serait caractérisée par l'extraction automatique des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques. À l'inverse, des représentations lexicales de *mauvaise qualité* sont liées à une moins bonne stabilité des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques et des liens qui les

unissent, ce qui entraînerait des difficultés de compréhension spécifiquement liées au traitement des mots (Perfetti, 2007).

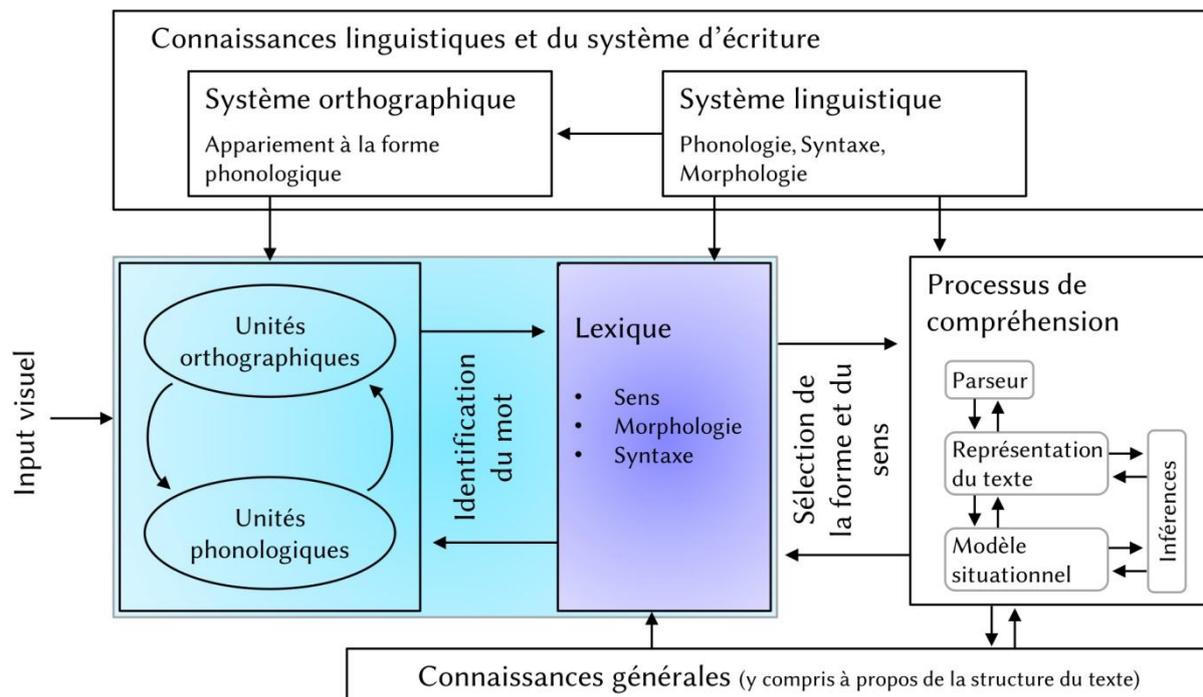


Figure 3.1 : Cadre théorique des systèmes de lecture. Les composantes de la lecture au sein d'une architecture langagière et cognitive, du traitement visuel jusqu'aux systèmes de compréhension de plus haut niveau. Les éléments clés sont le système de connaissances générales, les processus cognitifs et langagiers basiques, et les interactions entre ces deux éléments. Ce cadre théorique autorise le développement de modèles spécifiques (e.g., des modèles de reconnaissance des mots, ou des modèles des systèmes d'inférence) ainsi que le développement d'hypothèses à la fois à propos de l'acquisition de la lecture et des déficits liés à cette activité. Le lexique constitue un point central connectant le système de reconnaissance du mot et celui de la compréhension. Adaptation basée sur Perfetti & Stafura (2014).

Le postulat de l'extraction automatique des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques semble cohérent avec plusieurs études de psycholinguistique montrant que, chez l'adulte, les représentations orthographiques et phonologiques sont activées de manière rapide tant en tâche de lecture (Pexman, Lupker, & Reggin, 2002; Tanenhaus, Flanigan, & Seidenberg, 1980) que lors du traitement de la parole (Chéreau, Gaskell, & Dumay, 2007; Seidenberg & Tanenhaus, 1979; Tanenhaus et al., 1980; Ziegler et al., 2004). De plus, une étude récente suggère que lors du traitement d'images, les individus avec de bonnes capacités de lecture co-activeraient de manière automatique les représentations phonologiques, orthographiques, et sémantiques (Coch, 2018). En revanche chez les individus ayant de moins bonnes capacités de lecture, la co-activation de ces diverses représentations serait plus tardive. L'auteure interprète ce pattern de résultats comme soutenant l'Hypothèse de la Qualité Lexicale et indiquant que les bons lecteurs

auraient des représentations lexicales mieux spécifiées et « intégrées » que les moins bons lecteurs (Coch, 2018).

De plus, l'Hypothèse de la Qualité Lexicale postule que la compréhension progresse à travers différentes étapes. Selon Perfetti et Stafura (2014), deux méthodes principales permettent de mesurer les liens entre reconnaissance du mot et compréhension de phrases en évitant une prise de décision explicite de la part du lecteur : l'enregistrement des mouvements oculaires et l'enregistrement de l'activité EEG. Pour démontrer la validité des postulats de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale, Perfetti et collaborateurs s'appuient sur les études EEG montrant que l'amplitude de la composante N400 peut être considérée comme un indicateur de l'intégration d'un mot dans un texte et est modulée par le degré de prédictibilité du mot-cible (Perfetti et al., 2008; Yang et al., 2006, 2007). Un mot-cible ayant pu être prédit par le contexte qui le précède élicitera une composante N400 de moins grande amplitude qu'un mot-cible n'ayant pas pu être prédit (Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Hillyard, 1980; Perfetti et al., 2008; Van Petten & Kutas, 1990). À l'inverse, un mot-cible rendu incohérent par le contexte élicitera une composante N400 de plus grande amplitude qu'un mot cohérent (Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Hillyard, 1980; Perfetti et al., 2008; Van Petten & Kutas, 1990). Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme reflétant le fait que l'intégration d'un mot dans un texte est largement basée sur des processus lexico-sémantiques qui débutent avec la reconnaissance de la forme orthographique du mot et progressent vers l'activation des sens associés à ce mot. Ce processus d'activation des sens du mot est basé à la fois sur les représentations stockées au sein du lexique mental du lecteur et sur la mémoire à court-terme dans laquelle sont stockées les mots de la phrases et les situations référentielles provenant du texte (Perfetti et al., 2008).

1.2. Le modèle à double voie en cascade

En ce qui concerne les mécanismes spécifiquement impliqués dans la reconnaissance des mots écrits, deux modèles sont particulièrement influents : le modèle à double voie en cascade proposé par Coltheart et collaborateurs (1978, 2006, 2012, 2018), et le modèle connexionniste en triangle développé par Harm et Seidenberg (2004). Nous commençons par présenter le modèle à double voie, puis dans la section suivante nous présenterons le modèle connexionniste en triangle. Le modèle à double voie (Coltheart, 1978, 2006, Coltheart et al., 1993, 2001; Finkbeiner, Coltheart, & Coltheart, 2014; Pritchard, Coltheart, Marinus, & Castles, 2018; Pritchard, Coltheart, Palethorpe, & Castles, 2012) est particulièrement influent dans le domaine de l'évaluation cognitive et neuropsychologique de la lecture. Ce modèle

décrit les différents types de représentations symboliques stockées en mémoire impliquées dans la lecture. Le modèle est dit « en cascade » car l'information est transmise en successivement aux différentes étapes de traitement.

Le modèle en cascade à double voie (par la suite, modèle à double voie) décrit deux procédures de lecture : la procédure de décodage phonologique et la procédure orthographique (cf. Figure 3.2). La procédure de décodage permet d'activer les représentations phonologiques des mots via l'application séquentielle (i.e., pour chaque graphème) des règles de correspondances grapho-phonémiques. Cette procédure permettrait notamment la lecture des mots réguliers, des mots nouveaux, et des pseudomots. La procédure orthographique permet d'activer les représentations phonologiques et sémantiques d'un mot déjà connu directement à partir de sa forme orthographique. Une fois que l'orthographe d'un mot est apprise, au moins trois types d'informations sont stockés en mémoire: son orthographe, sa prononciation, et son sens. Ces trois types d'informations sont stockés dans différents systèmes que sont le lexique orthographique, le lexique phonologique, et le système sémantique, respectivement (cf. Figure 3.2). Ces trois systèmes sont reliés entre eux ainsi qu'au système d'identification des lettres et au système phonémique par des connexions excitatrices et inhibitrices. Lorsque la forme écrite d'un mot devient familière, la forme orthographique de ce mot activerait rapidement et automatiquement les représentations phonologiques et sémantiques qui lui sont associées (Ehri, 2014; Grainger et al., 2012; Sauval et al., 2017). Dans le modèle à double voie, les procédures orthographique et de décodage sont fonctionnellement distinctes et indépendantes.

Dans ce type de modèle, les connaissances langagières sont stockées sous forme de règles et la lecture résulte de la manipulation des représentations grapho-phonémiques et lexico-sémantiques stockées en mémoire, et de leurs associations. Lors de l'apprentissage de la lecture, l'enfant commence par développer la procédure de décodage, construisant au fur et à mesure l'architecture mentale contenant les lexiques orthographique, phonologique, et sémantique. Dans ce cadre, les difficultés d'apprentissage sont conçues comme des difficultés ou incapacités à acquérir l'une des composantes de cette architecture. Chez le lecteur expert, la lecture d'un mot active simultanément les procédures orthographique et de décodage qui opèrent en parallèle. La procédure orthographique est en théorie la plus rapide et la plus automatique. En effet, la procédure de décodage implique un traitement sériel des lettres qui constituent le mot et auxquelles le lecteur applique une à une les règles

de conversion grapho-phonémiques. À l'inverse, la procédure orthographique implique un traitement parallèle des lettres ainsi que l'activation rapide et automatique des représentations sémantiques associées aux mots.

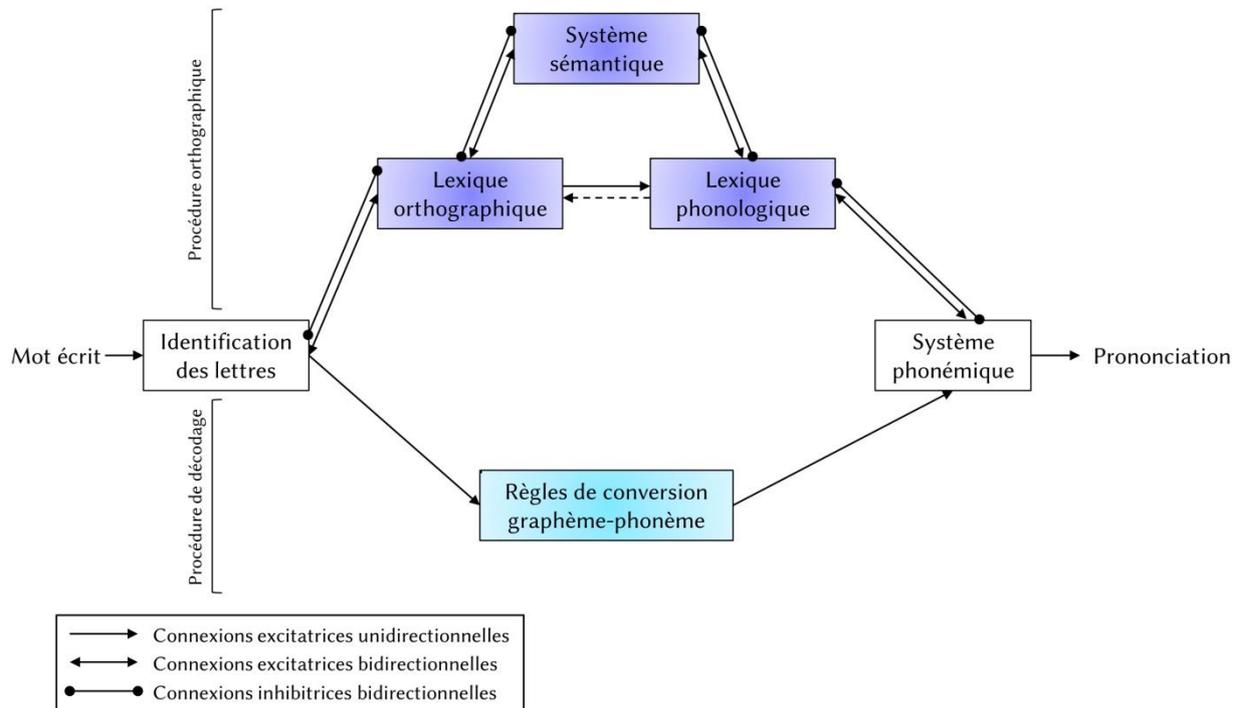


Figure 3.2 : Représentation schématique du modèle à double-voie. La procédure orthographique est représentée en bleu foncé (haut de la figure), la procédure de décodage en bleu clair (bas de la figure). Adaptation basée sur les articles de Coltheart (2006) et Coltheart et al. (2001).

Le modèle à double voie ayant été développé afin de rendre compte des processus de traitement impliqués dans la lecture à haute voix, les données en faveur de ce modèle proviennent principalement de tâches de dénomination de mots et de pseudomots (Castles, Bates, & Coltheart, 2006; Coltheart, 2006; Moore, Porter, Kohnen, & Castles, 2012; Sheriston, Critten, & Jones, 2016). Dans ce type de tâches, les participants doivent prononcer le plus rapidement et le plus précisément possible les stimuli qui leurs sont présentés. L'hypothèse de l'existence de deux procédures de lecture a principalement été testée via la présentation de listes de mots irréguliers (ne pouvant être lus que par l'application de la procédure orthographique), de pseudomots (ne pouvant être lus que par l'application de la procédure de décodage), et de mots réguliers (pouvant être lus soit par l'application de la procédure de décodage, soit par celle de la procédure orthographique). L'une des hypothèses de ce modèle étant que la lecture de mots réguliers peut s'appuyer sur les deux types de procédure, les performances sur ce type de mots devraient être meilleures que celles obtenues pour les mots irréguliers et les pseudomots, ce que confirme plusieurs études (Castles et al., 2009,

2006; Castles & Coltheart, 1993; Coltheart & Leahy, 1996). De plus, la comparaison des performances obtenues par l'implémentation de programmes de simulation à celles observées chez les normo-lecteurs en tâche de dénomination révèle qu'outre l'effet de régularité, le modèle à double voie est capable de simuler correctement les effets de fréquence, d'interaction entre fréquence et régularité, de lexicalité, de pseudohomophonie, d'interaction entre fréquence des voisins phonologiques et pseudohomophonie, de voisinage orthographique, et de longueur (Coltheart, 2005; Coltheart et al., 2001). En rendant compte d'un grand nombre d'effets, ce modèle semble démontrer sa validité théorique.

Le modèle à double voie a également été utilisé afin de simuler les performances des individus atteints de dyslexie acquise (Behrmann & Bub, 1992; McCarthy & Warrington, 1986). Dans le domaine de la recherche clinique, ce modèle est utilisé comme un cadre théorique permettant de distinguer les individus ayant des difficultés à acquérir la procédure de décodage de ceux ayant des difficultés à recourir à la procédure orthographique (Moore et al., 2012).

1.3. Le modèle connexionniste en triangle

De manière générale, les modèles décrivent les représentations symboliques stockées en mémoire impliquées dans la lecture. En revanche, les modèles connexionnistes tentent d'expliquer les mécanismes de base qui sous-tendent l'activation de ces représentations symboliques et proposent de simuler le fonctionnement neuronal sous-jacent à la lecture (McClelland, 1999; Seidenberg, 1993).

Le modèle connexionniste en triangle (ou *Parallel Distributed Processing* ; Cox, Seidenberg, & Rogers, 2015; Harm & Seidenberg, 1999, 2004; Plaut, 1999; Seidenberg, 2005, 2007; Seidenberg & McClelland, 1989) postule qu'une seule procédure de lecture peut rendre compte à la fois du traitement des mots réguliers et de celui des mots irréguliers. Dans ce modèle, les connaissances langagières ne prennent pas la forme de règles explicites mais émergent progressivement à partir de l'extraction de régularités statistiques entre les structures orthographiques et phonologiques des mots. La reconnaissance d'un mot résulte de l'activation de trois types de représentations : orthographique, phonologique, et sémantique (cf. Figure 3.3), qui interagissent jusqu'à ce que le réseau génère un patron d'activation stable (appelé attracteur) correspondant à l'interprétation du mot présenté. En somme, le modèle en triangle postule que la reconnaissance des mots repose sur

l'assemblage « coopératif » de différentes sources d'information (Harm & Seidenberg, 2004; Hoffman, Lambon Ralph, & Woollams, 2015).

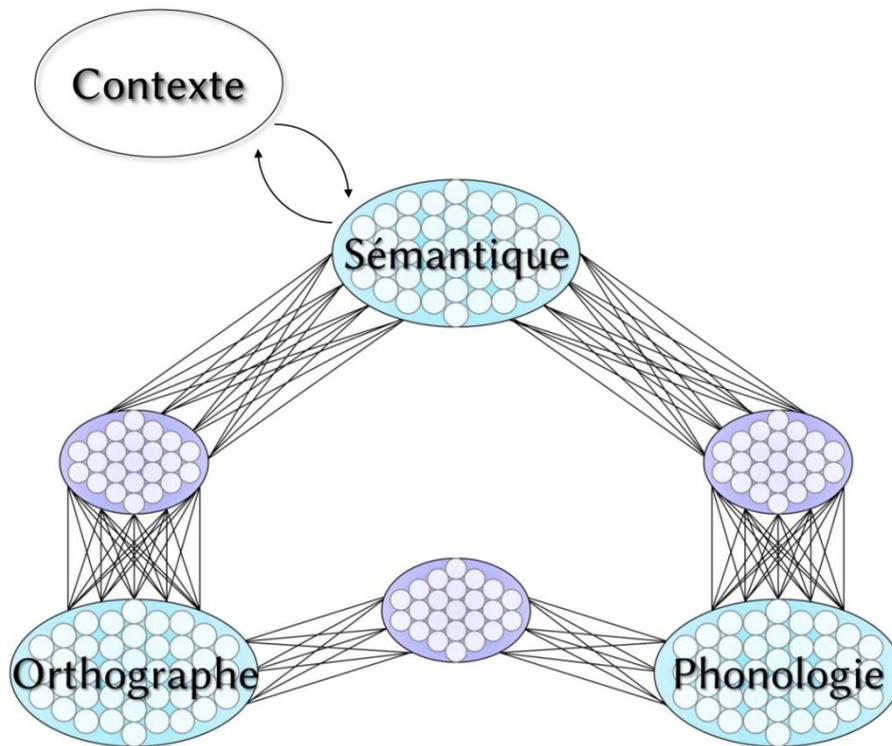


Figure 3.3. : Représentation schématique du cadre théorique général du modèle connexionniste en triangle. Les grands ovales représentent les différents niveaux d'unités encodant différents types d'information : orthographique, phonologique, et sémantique. Les ovales plus petits représentent les unités cachées. Adaptation basée sur les articles de Seidenberg & McClelland (1989), Plaut (1999), & Harm & Seidenberg (2004).

Selon Seidenberg et collaborateurs, étant donné qu'au sein d'un système d'écriture tel que l'anglais (ou le français) il existe plusieurs degrés de consistance entre orthographe et phonologie ou entre orthographe et sémantique, le lecteur débutant apprendrait des règles *quasi-régulières* plutôt que des règles strictes ainsi que leurs (nombreuses) exceptions. Par exemple, le graphème *g* se prononce /g/ en français (e.g., *gargouille*, *gorille*), sauf s'il est suivi des lettres *-i* ou *-e* (e.g., *girafe*, *gerbille*). Au niveau morphologique, le préfixe *dé-* est apposé à un mot pour lui donner le sens opposé comme dans *coller-décoller*, *tendre-détendre*, ou *bloquer-débloquer*. Cependant, *délimiter* n'est pas le contraire de *limiter* et *dénigrer* n'est pas décomposable en *dé-nigrer*. Le modèle en triangle propose donc de considérer les connaissances orthographiques, phonologiques, et sémantiques du lecteur comme une matrice complexe de corrélations entre patterns de lettres, phonèmes, syllabes, et morphèmes. Ceci permettrait au réseau de connaissances d'apprendre les régularités de la langue tout en admettant de nombreuses irrégularités.

Plus précisément, le modèle en triangle suppose un réseau composé de 3 niveaux (correspondants aux représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques) reliés entre eux par le biais d'unités cachées (cf. Figure 3.3). Les représentations orthographiques peuvent être composées de lettres ou des traits visuels contenus dans ces lettres, les représentations phonologiques de phonèmes ou de traits phonétiques (Seidenberg, 2005), et les représentations sémantiques de morphèmes ou traits sémantiques (Harm & Seidenberg, 2004). L'interaction entre les différents niveaux est régie par des connexions pondérées qui encodent les connaissances du système sur la façon dont les différents types d'information sont reliés. Le poids de ces connexions est acquis par l'exposition du système aux mots écrits. La reconnaissance d'un mot est le résultat d'un calcul parallèle distribué sur l'ensemble du réseau. L'information est traitée via les connexions entretenues par les différents niveaux de traitement ayant un certain seuil d'activation et étant organisés en réseaux structurés hiérarchiquement. L'activation se propage des niveaux les plus bas aux niveaux les plus hauts via des connexions excitatrices et inhibitrices. Les unités contenues dans ces niveaux qui sont compatibles entre elles sont unies par des liens excitateurs tandis que les unités incompatibles (au sein d'un même niveau ou entre différents niveaux) sont unies par des liens inhibiteurs, ou par aucun lien s'il n'y a pas de connexion entre elles (Harm & Seidenberg, 1999, 2004; Seidenberg, 2007).

La validité du modèle en triangle a notamment été testée via l'implémentation de programmes de simulation (Harm & Seidenberg, 2004; Plaut, 1997; Plaut, McClelland, Seidenberg, & Patterson, 1996; Seidenberg & McClelland, 1989). Ces simulations révèlent que le modèle est capable de rendre compte des effets de fréquence, de consistance, de l'interaction entre ces deux facteurs, et des effets d'imageabilité en tâche de dénomination ; de simuler correctement les performances des normo-lecteurs en dénomination de mots réguliers, irréguliers, et de pseudomots ; ainsi que les effets de fréquence, de pseudohomophonie, et d'amorçage sémantique en tâche de décision lexicale.

Par ailleurs, l'une des hypothèses centrales du modèle en triangle est que la lecture experte nécessite la contribution conjointe des représentations phonologiques et sémantiques (Hillis & Caramazza, 1991; Plaut, 2008; Van Orden & Goldinger, 1994), hypothèse qui a notamment été testée par Harm et Seidenberg (2004). Dans cette simulation, les auteurs montrent que lors des premiers stades d'acquisition de la lecture, le système s'appuie fortement sur la médiation phonologique afin de reconnaître les mots qui lui sont présentés. Par la suite, au fur et à mesure de l'amélioration des compétences en lecture, le

système a de moins en moins recours à la médiation phonologique et évolue graduellement vers une procédure d'appariement direct entre unités orthographiques et unités sémantiques. Cependant, même lorsque le système a atteint le niveau de la lecture experte, les deux types de représentations (i.e., phonologiques et sémantiques) contribuent fortement aux performances, particulièrement lors du traitement d'homophones, ce qui semble cohérent avec les données recueillies empiriquement (Jared & Seidenberg, 1991; Lesch & Pollatsek, 1993; Van Orden, 1987; Van Orden & Kloos, 2008).

De plus, l'hypothèse de répartition des tâches (ou *division-of-labor* en anglais) entre représentations phonologiques et sémantiques permet également de prédire que les différences interindividuelles quant aux compétences relatives aux traitements phonologiques et sémantiques pourraient moduler la contribution de chacun de ces deux types de traitement lors de la lecture (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016; Plaut, 1997, 2008; Seidenberg, 1992; Welcome & Alton, 2015; Welcome & Joanisse, 2012; Woollams, Lambon Ralph, Madrid, & Patterson, 2016). Cette hypothèse a donc d'importantes implications pour la compréhension de troubles développementaux ou acquis comme la dyslexie (Lambon Ralph & Patterson, 2008; Plaut et al., 1996) ainsi que pour celle des différences interindividuelles observées chez les normo-lecteurs (Hoffman et al., 2015; Plaut & Booth, 2000; Strain & Herdman, 1999; Woollams et al., 2016). Par exemple, examinant les différences interindividuelles en tâche de dénomination de mots écrits chez les adultes normo-lecteurs, Woollams et collègues (2016) suggèrent que les individus ayant des compétences sémantiques relativement hautes mais des compétences phonologiques plus basses par rapport à leurs pairs s'appuieraient davantage sur les connexions entre représentations orthographiques et sémantiques lors de la lecture. À l'inverse, les individus avec un profil de compétences opposé (de meilleures capacités phonologiques mais des compétences sémantiques plus faibles) s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie. Une autre étude réalisée en IRMf et utilisant également une tâche de dénomination rapporte des résultats allant dans ce sens (Hoffman et al., 2015). Dans cette étude, les auteurs montrent que le niveau d'activation du lobe temporal latéral antérieur (impliqué dans les traitements sémantiques ; Binney, Embleton, Jefferies, Parker, & Lambon Ralph, 2010; Spitsyna, Warren, Scott, Turkheimer, & Wise, 2006; Visser & Lambon Ralph, 2011) peut être prédit par une mesure indépendante du degré d'utilisation des connaissances sémantiques des participants lors de la lecture : plus les participants avaient tendance à utiliser leurs connaissances sémantiques lors de la

lecture, plus cette région était activée. À contrario, le niveau d'activation des régions pré-motrices (impliquées dans les traitements phonologiques ; Schwartz, Faseyitan, Kim, & Coslett, 2012; Vigneau et al., 2006) présentait les caractéristiques inverses : plus les participants avaient tendance à utiliser leurs connaissances sémantiques lors de la lecture, moins cette région était activée. Hoffman et collègues interprètent ce pattern de résultats comme appuyant les prédictions du modèle en triangle.

1.4. Le modèle du lecteur E-Z

Le modèle à double voie et le modèle connexionniste en triangle proposent tous deux de modéliser les mécanismes impliqués dans la reconnaissance de mots isolés. Bien que le modèle de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale propose un cadre théorique général permettant de décrire les mécanismes impliqués dans la compréhension de phrases et de textes, ce modèle met particulièrement l'accent sur les processus impliqués dans la reconnaissance de mots isolés. Le modèle du lecteur E-Z en revanche propose de fournir un cadre théorique spécifiquement dédié à la lecture de phrases ou de textes et de spécifier les processus visuels, linguistiques, et moteurs qui guident les mouvements oculaires pendant la lecture. La modélisation des différents stades de contrôle des mouvements oculaires offre un cadre intéressant pour l'interprétation des effets observés sur les différentes mesures d'enregistrement des mouvements oculaires. Ce cadre est d'autant plus intéressant que beaucoup d'études enregistrent et analysent les mouvements oculaires en lecture de phrases afin d'examiner les mécanismes cognitifs sous-jacents à la reconnaissance des mots écrits ainsi que le déroulement temporel de ces mécanismes.

Comme la plupart des modèles de la lecture, le modèle du lecteur E-Z (Reichle, 2011; Reichle et al., 2003, 2009; Sheridan & Reichle, 2016) postule que la reconnaissance d'un mot écrit est complétée à travers deux stades de traitement (Engbert, Nuthmann, Richter, & Kliegl, 2005; Pollatsek, Reichle, & Rayner, 2006; Reichle et al., 2003) : un premier stade correspondant à l'identification de la forme orthographique du mot, et second stade correspondant à l'activation des représentations lexicales qui lui sont associées. Plus précisément, ce modèle postule que les mots sont reconnus à travers un premier stade précoce et superficiel de traitement lexical appelé L1, qui initie à la fois la programmation de la saccade d'un mot à l'autre (elle-même composée de deux stades : M1, stade labile, suivit de M2, stade non-labile), et le second stade de traitement lexical (L2, stade d'accès lexical ; cf. Figure 3.4). En situation naturelle de lecture, la reconnaissance de mots isolés ne nécessite pas la planification de mouvements oculaires étant donné que les lettres qui

constituent un mot sont traitées de manière parallèle (Grainger et al., 2012; Sauval et al., 2017). Par conséquent, le modèle du lecteur E-Z a été élaboré dans le but de modéliser les mouvements oculaires lors de la lecture de mots en contexte. Dans ce modèle, le sens des mots est intégré au contexte de manière post-lexicale et le traitement lexical est complété de manière strictement sérielle, un mot à la fois. Lorsqu'un mot est identifié, son sens est intégré à celui de la phrase tandis que l'attention est déplacée au mot suivant. Si le processus d'intégration post-lexicale échoue, l'attention et le regard sont ramenés vers la source de difficulté (Mancheva et al., 2015).

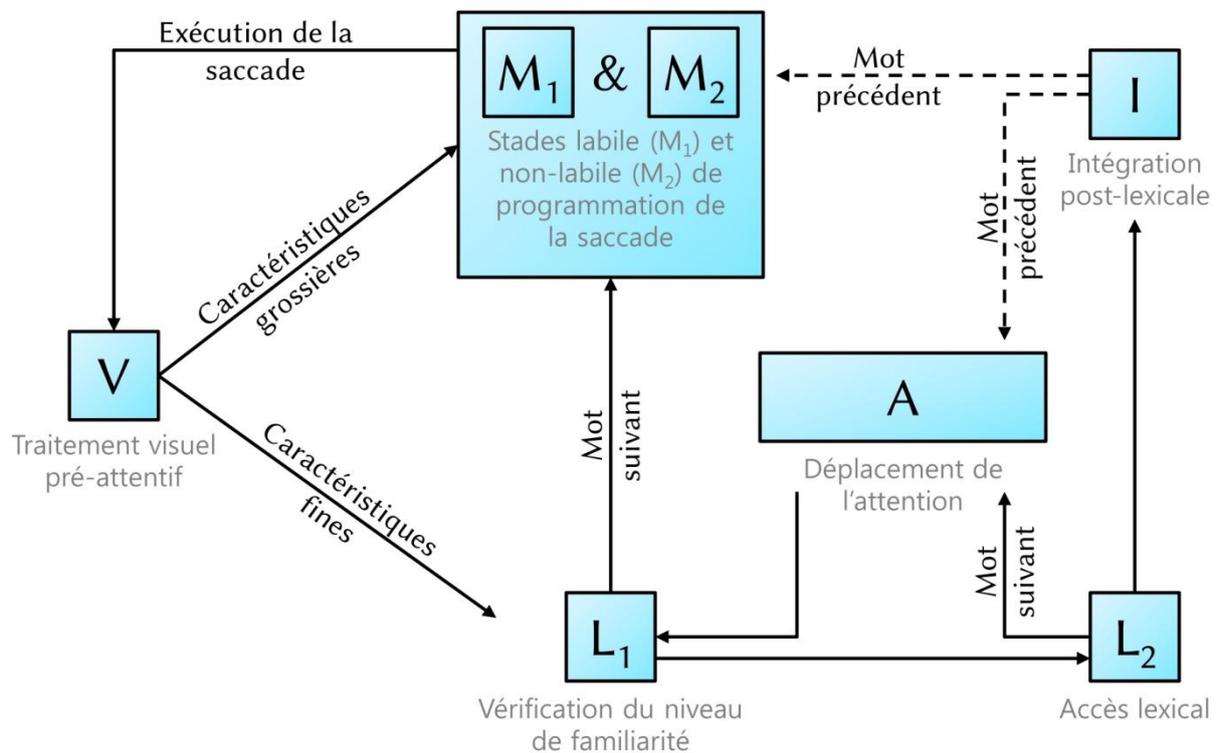


Figure 3.4 : Représentation schématique du modèle de contrôle des mouvements oculaires appelé modèle du lecteur E-Z. Les carrés et rectangles représentent les différentes composantes du traitement de l'information. Les flèches indiquent la façon dont l'information et les processus de contrôle sont transmis entre les composantes. Adaptation basée sur les articles de Mancheva et al. (2015) et Reichle (2011).

Lorsqu'un individu lit une phrase ou un texte, le contexte sémantique associé à ce qu'il lit peut (parfois) lui permettre de générer des prédictions à propos des mots à venir (Rayner, Schotter, & Drieghe, 2014; Rayner, Slattery, Drieghe, & Liversedge, 2011; Sereno et al., 2018). Par exemple dans une recette de cuisine, dans la phrase « Versez le tout dans le moule et mettez au four pendant 30 minutes », les mots *moule* et *four* sont rendus prédictibles par le contexte qui les précède et seront donc traités plus rapidement que des mots dont le contexte sémantique ne permet pas la pré-activation (Sereno et al., 2018). Le modèle du lecteur E-Z explique cet effet de facilitation par le fait que la pré-activation du mot et des

différentes représentations qui lui sont associées (dont les représentations orthographiques) facilite sa reconnaissance dès le stade L1 (Kretzschmar, Schlesewsky, & Staub, 2015; Mancheva et al., 2015; Staub, 2011, 2015). Cependant, étant donné que le modèle postule que l'intégration sémantique du mot dans son contexte se fait de manière post-lexicale, l'incohérence d'un mot par rapport au contexte qui le précède ne devrait pas affecter ce stade de traitement précoce (i.e., L1) mais uniquement les stades de traitement plus tardifs (Schotter, Lee, Reiderman, & Rayner, 2015; Sheridan & Reichle, 2016).

Ce modèle et ses différentes prédictions sont empiriquement soutenus par de nombreuses études montrant que les effets facilitateurs et inhibiteurs du contexte phrastique influencent différents stades de traitements (Reichle et al., 2009; Schotter et al., 2015; Sheridan & Reichle, 2016). Tandis que les effets facilitateurs du contexte sémantique influencent les stades précoces (i.e., L1) de traitement du mot (Frisson, Rayner, & Pickering, 2005; Kretzschmar et al., 2015; Schotter, Bicknell, Howard, Levy, & Rayner, 2014; Sereno et al., 2018; Staub, 2011, 2015), les effets inhibiteurs sont observés sur les stades de traitement plus tardifs (i.e., L2 ; Frisson, Harvey, & Staub, 2017; Schotter et al., 2015; Veldre & Andrews, 2018; Warren, McConnell, & Rayner, 2008; Weiss, Kretzschmar, Schlesewsky, Bornkessel-Schlesewsky, & Staub, 2018). Une revue de la littérature concernant l'influence du contexte sémantique sur les différents stades de traitement est présentée dans la section suivante (section 1.5).

1.5. L'influence du contexte sémantique

L'influence du contexte sémantique sur les différentes mesures des mouvements oculaires

Il a été montré que lorsqu'un mot est présenté en contexte phrastique, la vitesse à laquelle ce mot est reconnu est fortement dépendante du contexte sémantique dans lequel il est inséré. En effet, plusieurs études suggèrent que la lecture de mots en contexte implique à la fois l'activation de processus *top-down* et *bottom-up* (Horowitz-Kraus, Wang, Plante, & Holland, 2014). En contexte phrastique, les processus d'activation *top-down* correspondent aux attentes générées par l'individu à propos des mots à venir. Ces attentes sont générées sur la base des connaissances antérieures (fournies par le texte) et des connaissances générales de l'individu. En revanche, les processus d'activation *bottom-up* correspondent aux traitements activés par la perception du mot lui-même (Dambacher, 2010). Les premières études s'étant intéressées à l'influence du contexte sémantique sur la reconnaissance des mots montrent qu'un mot apparaissant dans un contexte fortement prédictif sera reconnu plus rapidement qu'un mot présenté en isolation (Stanovich & West,

1981). A l'inverse, un mot présenté dans un contexte incohérent sera reconnu moins rapidement que lorsqu'il est présenté en isolation (Forster, 1981). L'influence du contexte sur la vitesse de reconnaissance d'un mot (par rapport à sa présentations en isolation) semble cependant disparaître lorsque le mot-cible est présenté dans un contexte neutre (i.e., lorsqu'il est congruent avec le contexte mais non-prédictible à partir de celui-ci ; Forster, 1981). Ce pattern de résultats a été interprété comme suggérant qu'en lecture de phrases, le degré de prédictibilité d'un mot influence directement le niveau d'attention qui lui est alloué. Différentes études montrent également que le degré de prédictibilité d'un mot influence les caractéristiques de l'activité cérébrale associées à son traitement (DeLong, Quante, & Kutas, 2014; DeLong et al., 2005; Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Hillyard, 1980; Rayner, 2009).

Cependant, les études ayant comparé la reconnaissance d'un mot en contexte à celle du même mot en isolation (Forster, 1981; Stanovich & West, 1981) ont utilisé des tâches de dénomination ou de décision lexicale dans lesquelles le mot-cible sur lequel portait la tâche apparaissait seul à l'écran une fois le contexte phrastique lu. Une telle procédure comporte au moins deux limitations : 1) l'apparition du mot-cible en situation isolée ne reflète pas les conditions naturelles de lecture (i.e., lors de la lecture quotidienne, tous les mots de la phrase sont disponibles de manière simultanée, autorisant des phénomènes de prévisualisation parafovéale par exemple) ; et 2) l'utilisation de telles tâches ne permet pas d'examiner les stades précoces de reconnaissance du mot. Des études plus récentes ont examiné l'influence du contexte sur la reconnaissance des mots à l'aide de la technique de l'enregistrement des mouvements oculaires. Cependant, ces études examinent ce phénomène via la manipulation de la prédictibilité et de la cohérence du contexte phrastique précédant le mot-cible. Le traitement de mots isolés n'impliquant que peu de mouvements oculaires, aucune étude (à notre connaissance) ne compare les processus de traitement impliqués dans la reconnaissance d'un mot présenté en isolation et en contexte phrastique.

L'enregistrement des mouvements oculaires permet d'examiner de très nombreuses mesures. Les mesures de mouvements oculaires typiquement prises en compte en lecture de phrases sont présentées dans le Tableau 3.1, de la plus précoce à la plus tardive.

Tableau 3.1 : Tableau présentant différentes mesures de mouvements oculaires les plus souvent examinées en lecture de phrases. La première colonne indique le nom de la mesure présentée, la seconde colonne présente le stade de traitement que la mesure reflète (Clifton, Staub, & Rayner, 2007; Reichle, 2011; Sheridan & Reichle, 2016), et la troisième colonne fournit une description de la mesure. Il semble important

de remarquer ici que, selon les études et les questions de recherche, ces mesures peuvent être liées à des stades de traitement différents de ceux proposés ici (Clifton et al., 2007).

Nom de la mesure	Description	Stade de traitement
Probabilité de sauter le mot	Correspond à la probabilité qu'un mot donné ne soit pas fixé lors de la lecture	Mesure la plus précoce du traitement du mot
Durée de la première fixation	Correspond à la durée de la première fixation sur un mot donné lors du premier passage de lecture (i.e., <i>first-reading pass</i> en anglais)	Stade de traitement précoce (vérification de la familiarité orthographique, stade L1)
Durée de la fixation unique	Correspond à la durée de la fixation sur un mot lorsqu'il n'est fixé qu'une seule fois	Mesure précoce, correspond à la somme de différents types de traitement/s (reflète l'accès au lexique, stade L2)
<i>Gaze duration</i>	Correspond à la somme des durées de toutes les fixations sur un mot donné lors du premier passage de lecture, avant que les yeux ne quittent le mot	Mesure qui peut être considérée comme précoce ou tardive selon les études, correspond à la somme de différents types de traitement/s (reflète l'accès au lexique, stade L2)
<i>go-past time</i>	Correspond à la somme de toutes les fixations sur un mot donné avant que les yeux ne quittent le mot pour le mot suivant, incluant les fixations sur les mots précédents – mais excluant les régressions sur le mot	Stade de traitement post-lexical, correspond à l'intégration du mot dans le contexte qui le précède
Durée totale de fixation	Correspond à la somme des durées de toutes les fixations sur un mot donné, quelque soit le passage de lecture et incluant les régressions	Stade de traitement post-lexical, correspond à l'intégration du mot dans la phrase
Taux de régressions	Correspond au nombre de refixations sur un mot donné, excluant le premier passage de lecture	Stade de traitement post-lexical, reflète la difficulté d'intégration du mot dans la phrase

Les études réalisées en mouvements oculaires chez les individus normo-lecteurs suggèrent que lorsque le contexte sémantique permet de prédire le mot-cible, autorisant ainsi la pré-activation des représentations lexicales qui lui sont associées (via des processus d'activation *top-down*), cette pré-activation facilite la reconnaissance du mot dès les premiers stades de traitement (Ehrlich & Rayner, 1981; Frisson et al., 2005; Kretzschmar et al., 2015; Parker, Kirkby, & Slattery, 2017; Rayner, Ashby, Pollatsek, & Reichle, 2004; Rayner & Well, 1996; Sereno et al., 2018; Sheridan & Reingold, 2012; Staub, 2011, 2015) jusqu'aux stades de traitement plus tardifs (Ashby, Rayner, & Clifton, 2005; Calvo & Meseguer, 2002; Ehrlich & Rayner, 1981; Rayner & Well, 1996; Sheridan & Reingold, 2012). Ceci se traduit par des temps de fixation réduits ainsi qu'un nombre de fixations moins important lors des mesures de mouvements oculaires précoces (i.e., probabilité de sauter de mot, durée de la première fixation, durée de la fixation unique, et *gaze duration*) et plus tardives (i.e., durée totale de fixation, *go-past time*, et taux de régression). Typiquement, ce pattern de résultats est interprété comme reflétant le fait que l'activation des représentations orthographiques,

phonologiques, et sémantiques d'un mot ayant pu être prédit nécessitera moins de temps car les processus d'activation *top-down* auront permis la pré-activation (complète ou partielle) de ces représentations (Parker et al., 2017; Rayner et al., 2011; Staub, 2011, 2015). Par ailleurs, le fait que les processus de reconnaissance du mot soient facilités dès les premiers stades de traitement comparé à un contexte non prédictif a été interprété comme reflétant une diminution du coût relatif au traitement visuel du mot (Frisson et al., 2005; Kretschmar et al., 2015; Schotter et al., 2014; Sereno et al., 2018; Staub, 2011, 2015), ce qui est en adéquation avec les prédictions proposées par le modèle du lecteur E-Z.

En revanche, lorsque le mot lu est sémantiquement incohérent par rapport au contexte qui le précède, l'incohérence du mot n'affecte pas la durée de la première fixation mais affecte les temps de fixation uniquement à partir de la mesure de la *gaze duration* (Ferguson & Sanford, 2008; Rayner, Warren, Juhasz, & Liversedge, 2004; Veldre & Andrews, 2018; Warren et al., 2008). Dans le cadre du modèle du lecteur E-Z, la mesure de la durée de la première fixation correspond au stade de traitement L1 tandis que la mesure de la *gaze duration* correspond au stade L2 (i.e., stade de l'accès au lexique). Un tel pattern de résultats suggère donc que l'incohérence d'un mot par rapport au contexte qui le précède n'influence le traitement de ce mot qu'après l'accès au lexique, ce qui confirme les prédictions du modèle.

Par ailleurs, une autre étude menée par Frisson et collègues (2017) rapporte des résultats allant dans ce sens. Dans cette étude, les auteurs ont présenté aux participants des phrases hautement prédictives dans lesquelles le mot-cible pouvait être le mot fortement prédit (i.e., ayant obtenu le plus haut score de *cloze probability*) ou un synonyme de ce mot (i.e., ayant un score de *cloze probability* plus bas). Par exemple, dans la phrase « *Le chien de Pierre ronge un ...* », le mot prédit, et donc ayant le plus haut score de *cloze probability*, est le mot « *os* ». Mais il peut être remplacé par les synonymes « *ossement* » ou « *squelette* » sans que le sens de la phrase ne soit affecté. Dans le cas où le mot-cible était un synonyme du mot fortement prédit, le mot-cible était considéré comme inattendu, bien que plausible. Le but de cette manipulation était d'examiner si le traitement d'un mot inattendu en contexte prédictif était ralenti par rapport au traitement d'un mot en contexte neutre. Les résultats de cette étude ne montrent aucun coût de traitement supplémentaire sur les mesures de durée de la première fixation et de *gaze duration*. Sur ces mesures précoces de traitement des mots (reflétant les stades L1 et L2 du modèle du lecteur E-Z, respectivement), les durées de fixation sur un mot synonyme du mot fortement prédit et sur un mot en contexte neutre

n'étaient pas différentes. En revanche, lorsque le mot-cible correspondait au mot fortement prédit par le contexte, les durées de fixation étaient plus courtes que lorsque le mot était inséré dans un contexte neutre. Frisson et collègues (2017) en concluent que l'information contextuelle permet la pré-activation d'un mot fortement prédit, réduisant ainsi son temps de traitement lorsque la prédiction du lecteur est confirmée, sans affecter le niveau d'activation des mots moins attendus. Cette interprétation semble cohérente avec la prédiction du modèle du lecteur E-Z selon laquelle l'intégration sémantique d'un mot dans son contexte s'effectue de manière post-lexicale.

L'influence du contexte sémantique sur la composante EEG N400 et ses liens avec les mesures de mouvements oculaires

En EEG, l'influence de la prédictibilité du contexte et celle de la cohérence sémantique ont principalement été examinées via la composante N400 (Dambacher & Kliegl, 2007; Dimigen, Sommer, Hohlfeld, Jacobs, & Kliegl, 2011; Perfetti et al., 2008). Les études ayant manipulé l'influence du contexte sémantique sur la reconnaissance d'un mot-cible montrent que le traitement d'un mot-cible incohérent engendre une composante N400 plus négative que celui d'un mot-cible cohérent (Hagoort, 2004; Kutas & Hillyard, 1980). En compréhension de phrases, la composante N400 est généralement interprétée comme reflétant les processus de récupération en mémoire des connaissances conceptuelles, ou d'intégration sémantique d'un mot dans son contexte (Brown & Hagoort, 1993, 1999; Hagoort, 2004) : plus la récupération de ces connaissances et/ou l'intégration sémantique est difficile, plus la composante N400 est négative. Cependant, de récentes études manipulant le degré de prédictibilité du mot-cible suggèrent que cette composante refléterait davantage le degré d'attente global d'un stimulus donné : en contexte cohérent, plus le stimulus est prédictible, plus l'amplitude de la composante N400 serait réduite (Coco, Araújo, & Petersson, 2017; Dyck & Brodeur, 2015), reflétant une réduction du coût de traitement relatif à ce mot. Selon cette hypothèse, la composante N400 refléterait à la fois les processus d'intégration du mot dans la phrase et les attentes générées par le lecteur.

Il semble intéressant de noter que le décours temporel des effets de cohérence et de prédictibilité observé via ces deux types de mesures (mouvements oculaires et EEG) n'est pas le même. En mouvements oculaires, l'influence précoce de la prédictibilité et de la cohérence des mots est observée via les mesures de la durée de la première fixation et de la *gaze duration*. La durée de la première fixation sur le mot-cible reflète son degré de

prédictibilité et oscille généralement entre 195 et 230 ms selon les études et le type de contexte dans lequel le mot est inséré (Frisson et al., 2017; Veldre & Andrews, 2018; Warren et al., 2008). La mesure de la *gaze duration* reflète le degré de prédictibilité et de cohérence du mot par rapport au contexte et varie le plus souvent entre 210 et 255 ms selon les études et le type de contexte (Frisson et al., 2017; Veldre & Andrews, 2018; Warren et al., 2008). En revanche en EEG, ces effets sont principalement observés sur la composante N400 qui survient généralement entre 250 et 550 ms (pic maximum aux alentours de 400 ms ; Hagoort, 2004). Cette composante supposée indexer les processus de traitement sémantique émerge après que les yeux aient quitté le mot-cible en situation naturelle de lecture (Serenio & Rayner, 2003). Globalement, les effets observés en mouvements oculaires semblent donc plus précoces que ceux observés en EEG.

Cependant, lors de l'enregistrement EEG, les mouvements oculaires produisent des artefacts liés à l'activité musculaire dans les données recueillies. Par conséquent, afin d'éviter ce type d'artefacts, les études examinant les processus cognitifs impliqués dans la lecture de phrase utilisent généralement le paradigme de la présentation sérielle des mots (i.e., les mots sont présentés un par un au centre de l'écran afin d'éviter tout mouvement oculaire de la part du participant). Cette procédure a pour inconvénient de rendre les processus de lecture moins naturels. De précédentes études ayant examiné les effets de prédictibilité et de cohérence via l'enregistrement simultané des mouvements oculaires et de l'activité EEG suggèrent que la composante N400 aurait une latence plus courte lorsque la phrase entière est présentée à l'écran que lors de la présentation sérielle des mots (Dimigen, Sommer, Dambacher, & Kliegl, 2008; Dimigen et al., 2011; Kliegl, Dambacher, Dimigen, Jacobs, & Sommer, 2012; Kretzschmar, Bornkessel-Schlesewsky, & Schlewsky, 2009). Ce résultat a été attribué aux effets de prévisualisation parafoveal, effets courants en situation naturelle de lecture. Dans ces études, la composante N400 débutait entre 250 et 400 ms après le début de la dernière fixation précédent le mot-cible (Dimigen et al., 2011; Kretzschmar et al., 2009), ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'un bénéfice provenant de la prévisualisation parafovéale (bénéfice rendu impossible en présentation sérielle des mots). Cependant cet effet pourrait également être dû au fait qu'en condition normale de lecture, la saccade vers le mot-cible est initiée par les participants eux-mêmes, réduisant ainsi l'incertitude temporelle relative à l'apparition du mot (Marton, Szirtes, & Breuer, 1985). Les temps de préparation et d'exécution de la saccade pourraient permettre aux participants d'optimiser la préparation du traitement (Niemi & Näätänen, 1981) et donc améliorer les

processus de traitement post-saccadiques (Dimigen et al., 2011). Quoiqu'il en soit, ces études suggèrent que le décours temporel du traitement des mots en situation normale de lecture serait différent de celui observé en présentation sérielle des mots.

Bien que cette différence dans le décours temporel du traitement de l'information puisse en partie expliquer l'écart observé entre les études menées en mouvements oculaires et celles menées en EEG, les études enregistrant ces deux variables de manière simultanée montrent tout de même que les effets de contexte observés en EEG restent plus tardifs que ceux observés en mouvements oculaires, même en situation naturelle de lecture. Bien que certaines études rapportent une corrélation entre l'amplitude de la composante N400 et la mesure de *gaze duration*, le pic de la composante N400 émerge généralement entre 370 et 400 ms, tandis que la *gaze duration* est généralement inférieure à 300 ms. Cette observation soulève certaines questions quant à l'interprétation fonctionnelle du pic de la composante N400 dont la latence ne semble pas correspondre aux difficultés de traitement reflétées par les mouvements oculaires (Dimigen et al., 2011; Kretzschmar et al., 2015). À l'heure actuelle, la plupart des études s'intéressant aux liens entre les différentes mesures des mouvements oculaires et les composantes EEG (en particulier la N400) suggèrent qu'il n'y a pas d'équivalence univoque entre ces deux types de mesures (Dimigen et al., 2011; Kretzschmar et al., 2009, 2015). Les stades de traitements reflétés par la composante N400 ne peuvent pas être directement mis en lien avec ceux reflétés par les différentes mesures des mouvements oculaires.

Cette conclusion a conduit certains auteurs à réfuter l'hypothèse selon laquelle la composante N400 refléterait la difficulté d'intégration du mot au contexte. Plus précisément, la difficulté d'intégration du mot par rapport au contexte étant reflétée par la mesure de *gaze duration* au sein d'une fenêtre temporelle plus précoce que celle de la composante N400, il a été suggéré que cette composante refléterait davantage l'interaction entre les processus *top-down* et *bottom-up* (Kretzschmar et al., 2015; Lotze, Tune, Schlesewsky, & Bornkessel-Schlesewsky, 2011; Tune et al., 2014). L'information sémantique provenant du contexte permet au lecteur de générer des prédictions de manière *top-down*, ce qui implique différents niveaux de pré-activation des différentes dimensions relatives au stimulus attendu (phonologique, orthographique, sémantique, ou visuelle). L'information perçue de manière *bottom-up* serait évaluée selon sa concordance avec ces prédictions (Kretzschmar et al., 2015; Lotze et al., 2011; Tune et al., 2014). Selon cette hypothèse, l'amplitude de la composante N400 indexerait l'importance de l'écart entre l'information perçue de manière *bottom-up* et

l'information attendue (générée par des processus d'activation top-down ; Kretzschmar et al., 2015).

2. La lecture de mots et de phrases chez l'individu dyslexique

Le modèle à double-voie, le modèle connexionniste en triangle, et le modèle du lecteur E-Z postulent tous trois que chez le lecteur expert, la reconnaissance des mots écrits est caractérisée par le traitement parallèle des unités orthographiques de ce mot, suivi de l'activation rapide et automatique des représentations phonologiques et sémantiques qui lui sont associées. Chez le lecteur dyslexique, les traitements phonologiques sont déficitaires (Cavalli, Casalis, et al., 2016; Ramus et al., 2003; Ramus & Szenkovits, 2008), ce qui entraîne d'importantes difficultés en lecture, y compris à l'âge adulte. Dans la section qui suit, nous présenterons les résultats expérimentaux montrant un déficit des traitements phonologiques lors de la lecture chez les individus dyslexiques. Nous commencerons par exposer les travaux concernant le traitement des lettres et des associations grapho-phonémiques (section 2.1), puis les travaux concernant la reconnaissance de mots isolés (section 2.2), et ceux concernant la compréhension en lecture de phrases (section 2.3).

2.1. Les déficits des associations grapho-phonémiques

Dans un système d'écriture alphabétique tel que le français, l'un des prérequis les plus importants de la lecture est la construction d'associations grapho-phonémiques (Ehri, 2008), que ce soit sous forme de règles explicites (Coltheart, 2006) ou d'un apprentissage statistique (Harm & Seidenberg, 2004). Cependant chez les individus dyslexiques, plusieurs études suggèrent que la construction de ces associations pourrait être moins automatique que chez les normo-lecteurs, chez l'enfant (Araújo et al., 2011; Bakos, Landerl, Bartling, Schulte-Körne, & Moll, 2017; Bishop, 2007; Blau et al., 2010; Bowers & Swanson, 1991; Froyen, Willems, & Blomert, 2011) comme chez l'adulte (Al Dahhan et al., 2014; Blau et al., 2009; Blomert, 2011; Breznitz, 2005; Georgiou, Ghazyani, & Parrila, 2018; Jones, Kuipers, & Thierry, 2016).

Au niveau comportemental, les déficits des associations grapho-phonémiques des individus dyslexiques ont principalement été étudiés à travers des tâches de dénomination rapide de lettres (Al Dahhan et al., 2014; Georgiou et al., 2018; Georgiou, Parrila, Cui, & Papadopoulou, 2013). Dans ce type de tâches, les participants doivent nommer le plus rapidement possible les stimuli présentés au sein d'une liste. De nombreuses études

montrent que les dyslexiques adultes sont typiquement plus lents que les normo-lecteurs lors de la dénomination de symboles alphanumériques (Al Dahhan et al., 2014; Felton, Naylor, & Wood, 1990; Georgiou et al., 2018, 2013; Meyler & Breznitz, 2005; Parrila et al., 2007; Reid, Szczerbinski, Iskierka-Kasperek, & Hansen, 2007; Vukovic et al., 2004). Cependant, les études les plus récentes suggèrent que les différences observées entre les deux populations pourraient être dues à des déficits du traitement sériel de l'information (Georgiou et al., 2018; Pan, Yan, Laubrock, Shu, & Kliegl, 2013; Yan, Pan, Laubrock, Kliegl, & Shu, 2013), des processus articulatoires (pouvant en partie refléter l'accès aux représentations phonologiques ; Anderson, Podwall, & Jaffe, 1984; Georgiou et al., 2018; Snyder & Downey, 1995), et, dans une moindre mesure, de l'accès lexical spécifique aux symboles alphanumériques (Georgiou et al., 2018, 2013).

Breznitz (2005) propose d'examiner les processus cognitifs sous-jacents à la vitesse de dénomination et les causes du déficit observé dans ce type de tâche chez les adultes dyslexiques via l'enregistrement de l'activité EEG. Les résultats montrent que les composantes EEG P200 et P300 sont retardées chez les participants dyslexiques par rapport aux normo-lecteurs. De plus, des analyses de corrélation montrent que la rapidité de dénomination est corrélée avec la latence de la composante P200 chez les normo-lecteurs, tandis qu'elle est corrélée avec la latence de la composante P300 chez les individus dyslexiques. En modalité visuelle, la composante P200 serait notamment liée aux processus d'attention et de perception visuelle (Brandeis & Lehmann, 1994; Regan, 1989) tandis que la composante P300 serait associée à l'extraction, la classification, et le traitement en mémoire de travail d'un stimulus (Barnea, Lamm, Epstein, & Pratt, 1994; Donchin, 1981). Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant que le niveau de performance en tâche de dénomination serait lié à différents types de traitement chez les deux populations. Chez les normo-lecteurs, de meilleures performances seraient associées à de meilleures compétences au niveau de la discrimination et de la perception des stimuli. Chez les individus dyslexiques en revanche, les déficits observés en tâche de dénomination résulteraient d'une lenteur générale du traitement de l'information, et plus particulièrement d'un déficit en mémoire de travail.

D'autres études ont examiné le décours temporel, l'automatisme et les réseaux neuronaux impliqués dans les processus d'association grapho-phonémique chez les individus dyslexiques via des tâches d'appariement audiovisuel (Blau et al., 2009; Jones et al., 2016). Dans ces deux études, une lettre et un phonème étaient présentés de manière

simultanée tandis que les expérimentateurs enregistraient l'activité cérébrale des participants via la technique de l'EEG (Jones et al., 2016) ou de l'IRMf (Blau et al., 2009). Les lettres et phonèmes présentés pouvaient être congruents (e.g., b-/b/) ou incongruents (e.g., b-/p/). Les résultats de l'étude menée en EEG (Jones et al., 2016) révèlent que les normo-lecteurs exhibaient une plus grande amplitude de la composante élicitée aux alentours de 350 ms lors de la présentation de paires incongruentes par rapport à la présentation de paires congruentes. Chez les individus dyslexiques, la différence d'amplitude entre les deux conditions était réduite, indiquant un déficit précoce de l'appariement grapho-phonémique (Jones et al., 2016). En IRMf, les résultats de l'étude de Blau et collègues (2009) montrent que, lors de la condition congruente, les individus dyslexiques exhibent une sous-activation du cortex temporal supérieur, précédemment associé à l'intégration des associations entre graphèmes et phonèmes chez les normo-lecteurs (van Atteveldt et al., 2004). Par ailleurs, tandis que les normo-lecteurs exhibent une plus forte activation au niveau du gyrus supérieur temporal dans la condition congruente que dans la condition incongruente, les individus dyslexiques ne montrent aucune différence d'activation dans cette région entre les deux conditions. Blau et collègues interprètent ce pattern de résultats comme suggérant un déficit de l'intégration des associations entre graphèmes et phonèmes chez cette population, ce qui pourrait expliquer, au moins en partie, les déficits observés en lecture.

2.2. La reconnaissance des mots écrits

Plusieurs études suggèrent que les capacités de reconnaissance des lettres jouent un rôle majeur dans l'émergence de mécanismes spécialisés dans le traitement visuel des mots (Araújo, Faisca, Bramão, Reis, & Petersson, 2015; Dehaene et al., 2010). La spécialisation de ces mécanismes semble être à l'origine de la reconnaissance rapide des mots écrits (Araújo et al., 2015; Brem et al., 2010; Dehaene et al., 2010; Maurer, Blau, Yoncheva, & McCandliss, 2010; Maurer, Brem, Bucher, & Brandeis, 2005). Le déficit d'intégration des associations grapho-phonémiques observé chez les individus dyslexiques pourrait donc avoir un impact sur les processus impliqués dans la reconnaissance des mots écrits. En effet, depuis plusieurs années, un nombre croissant de résultats comportementaux (Araújo, Faisca, Bramão, Petersson, & Reis, 2014; Bergmann & Wimmer, 2008; Marinelli, Angelelli, Notarnicola, & Luzzatti, 2009; Marinus & de Jong, 2010) et en imagerie cérébrale (Maurer et al., 2007, 2011; Paz-Alonso et al., 2018; van der Mark et al., 2009; Wimmer et al., 2010) suggèrent la présence d'un déficit des traitements orthographiques chez les individus dyslexiques, tant au niveau de l'intégration des lettres que du traitement des mots.

En tâche de décision lexicale visuelle, il a été montré que les temps de réaction des enfants dyslexiques étaient davantage affectés que ceux des normo-lecteurs de même âge chronologique par des variables telles que le statut lexical et la longueur des stimuli (Araújo et al., 2014). De plus, tandis que les normo-lecteurs exhibaient un effet de longueur lors du traitement de pseudomots uniquement, suggérant une reconnaissance des mots basée sur la procédure orthographique, les enfants dyslexiques étaient affectés par cette variable à la fois lors du traitement des mots et des pseudomots, ce qui suggère un usage de la procédure de décodage pour les deux types de stimuli. Araújo et collègues (2014) interprètent ce pattern de résultats comme indiquant un déficit du lexique orthographique chez les individus dyslexiques. De manière similaire, Bergmann & Wimmer (2008) ont examiné cette question chez des adolescents dyslexiques et normo-lecteurs de même âge chronologique via l'analyse des temps de réaction et du taux de bonnes réponses lors d'une tâche de décision lexicale phonologique (i.e., Est-ce que taxi/taksi/tazi se prononce comme un mot ?) et d'une tâche de décision lexicale orthographique (i.e., Est-ce que taxi/taksi est un mot correctement orthographié ?). Les auteurs rapportent que les participants dyslexiques exhibaient de moins bonnes performances que les normo-lecteurs dans les deux types de tâches. Cependant, les performances obtenues en tâche de décision lexicale orthographique étaient particulièrement faibles par rapport à celles obtenues en tâche de décision lexicale phonologique. Dans la tâche de décision lexicale orthographique, les normo-lecteurs distinguaient correctement les pseudohomophones des mots réels pour 90% des essais, tandis que les individus dyslexiques ont obtenu un score de réponses correctes de 60% seulement. Interprétant ce pattern de résultats dans le cadre du modèle à double voie, les auteurs suggèrent que les individus dyslexiques ont un lexique orthographique appauvri par rapport aux normo-lecteurs, ainsi qu'un déficit dans l'établissement de la procédure orthographique et de décodage.

Plusieurs études en neuro-imagerie suggèrent également un déficit des traitements orthographiques chez les enfants dyslexiques. Les normo-lecteurs montrent une spécialisation des réseaux neuronaux impliqués dans le traitement de chaînes de lettres (i.e., mots ou pseudomots) différent de ceux impliqués dans le traitement de symboles (Brem et al., 2006, 2009; van der Mark et al., 2009; Vinckier et al., 2007), ainsi qu'une plus forte activité cérébrale lors du traitement de pseudomots que lors de celui de mots dès l'âge de 10 ans (Bruno, Zumberge, Manis, Lu, & Goldman, 2008; Kronbichler et al., 2007; van der Mark et al., 2009). En revanche, les enfants dyslexiques de même âge chronologique ne semblent

pas montrer de spécialisation des réseaux neuronaux impliqués dans le traitement de chaînes de lettres comparés au traitement de symboles (Maurer & McCandliss, 2007; van der Mark et al., 2009), ni de différence du niveau d'activation entre mots et pseudomots (van der Mark et al., 2009; Wimmer et al., 2010). Ce manque de spécialisation et de sensibilité semble confirmer un déficit des traitements orthographiques chez les individus dyslexiques.

La plupart de ces études ont été réalisées chez une population d'enfants dont les compétences en lecture sont encore en développement. Relativement peu d'études ont été conduites chez les dyslexiques adultes. Parmi elles, des études en IRMf suggèrent une persistance des déficits des traitements orthographiques (Paulesu, Danelli, & Berlingeri, 2014; Richlan, 2012; Richlan, Kronbichler, & Wimmer, 2011) : dans des tâches nécessitant le traitement de mots écrits, les individus dyslexiques montrent une sous-activation du cortex ventral temporo-pariétal responsable des traitements orthographiques. Cependant, d'autres études suggèrent que les dyslexiques adultes pourraient avoir développé des mécanismes de protection impliquant les traitements morphologiques et les connaissances en vocabulaire (Cavalli, Casalis, et al., 2016; Cavalli, Colé, et al., 2017; Cavalli, Duncan, Elbro, El-Ahmadi, & Colé, 2017; Law, Wouters, & Ghesquière, 2015; Martin, Frauenfelder, & Colé, 2014). De plus, quelques études montrent une sur-activation des aires frontales chez les individus dyslexiques par rapport aux normo-lecteurs pouvant indiquer une contribution plus importante des traitements sémantiques ou articulatoires lors de la reconnaissance des mots écrits chez cette population (Brunswick, McCrory, Price, Frith, & Frith, 1999; Cavalli, Colé, et al., 2017; Richlan et al., 2011; Salmelin, Kiesilä, Uutela, Service, & Salonen, 1996; Shaywitz et al., 1998 ; mais voir Helenius, Tarkiainen, Cornelissen, Hansen, & Salmelin, 1999 pour des résultats contradictoires).

Bien qu'à l'heure actuelle les recherches examinant les compétences sémantiques et morphologiques des individus dyslexiques ne permettent pas de tirer de conclusion claire, l'hypothèse de l'existence de mécanismes de protection impliquant le recours aux connaissances sémantiques lors de la lecture chez cette population est en accord avec certaines études suggérant que les adultes dyslexiques s'appuieraient davantage que les normo-lecteurs sur le contexte sémantique lors de la lecture de mots en contexte (Bruck, 1990; Ransby & Swanson, 2003).

2.3. L'influence du contexte sémantique

D'après l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (Perfetti & Hart, 2002; Perfetti, Landi, et al., 2005; Perfetti & Stafura, 2014), les habiletés de compréhension en lecture résultent de la qualité de représentations lexicales stockées au sein du lexique mental, des compétences de l'individu en compréhension orale, et de son niveau de connaissances générales. Précédemment, nous avons vu que chez les adultes dyslexiques, les compétences phonologiques et la reconnaissance des mots écrits sont systématiquement déficitaires (Swanson, 2012; Swanson & Hsieh, 2009). Cependant des études montrent que, sous certaines conditions et malgré ce déficit persistant de la reconnaissance de mots présentés en isolation, les adultes dyslexiques peuvent atteindre un niveau de compréhension en lecture comparable à celui de normo-lecteurs de même âge chronologique (Deacon, Cook, & Parrila, 2012; Parrila et al., 2007; Simmons & Singleton, 2000). Il a également été montré qu'à l'âge adulte les capacités de compréhension orale, de vocabulaire, et les connaissances générales étaient des prédicteurs importants de la compréhension écrite, chez les individus dyslexiques comme chez les normo-lecteurs (Ransby & Swanson, 2003). De plus, certaines études suggèrent que les adultes dyslexiques s'appuieraient de manière importante sur le contexte sémantique afin de générer des prédictions de manière *top-down* à propos des mots à venir (Ben-Dror, Pollatsek, & Scarpati, 1991; Bruck, 1990; Gallagher, Laxon, Armstrong, & Frith, 1996).

Quelques études suggèrent en effet que chez les individus dyslexiques, la fluence en lecture dépendrait davantage du contexte sémantique que chez les normo-lecteur (Corkett & Parrila, 2008) : les informations sémantiques seraient utilisées de manière stratégique afin de prédire les mots et pouvoir les reconnaître plus facilement (Ben-Dror et al., 1991; Bruck, 1990; Gallagher et al., 1996). Corkett & Parrila (2008) ont examiné cette question chez les individus dyslexiques de niveau universitaire via l'utilisation d'une tâche de dénomination dans laquelle le mot-cible était amorcé par une phrase. Le mot-cible pouvait être précédé par une phrase amorce le rendant prédictible (e.g., *The wine was served from the decanter*), incohérent (e.g., *The politician appealed to the decanter*), ou cohérent mais non prédictible (e.g., *The stuff was place near the decanter*). Les résultats montrent que l'effet de facilitation induit par la prédictibilité du mot-cible était similaire dans les deux groupes. En revanche, les participants dyslexiques étaient plus affectés que les normo-lecteurs lorsque le mot à prononcer était rendu incohérent par le contexte. D'après les auteurs, le faible effet d'inhibition en contexte incohérent chez les normo-lecteurs indique qu'ils sont peu

sensibles au contexte et se reposent plus fortement sur des procédures de reconnaissance des mots fortement automatisées. En revanche, l'effet d'inhibition observé chez les individus dyslexiques est interprété comme reflétant une difficulté à intégrer le mot-cible dans la phrase amorce incohérente. Corkett et Parrila (2008) en concluent que les individus dyslexiques engagés dans un cursus universitaire utiliseraient davantage le contexte sémantique que les normo-lecteurs afin de compenser leurs difficultés de lecture. De plus, en contexte incohérent, les lecteurs dyslexiques seraient davantage dépendants de l'information sémantique. Cependant, cette différence de groupe observée en contexte incohérent pourrait également être induite par la tâche de dénomination. En effet chez les normo-lecteurs la reconnaissance des mots écrits et l'activation des représentations phonologiques qui y sont associées est rapide et automatique (Pattamadilok et al., 2017; Perea, Vergara-Martínez, & Gomez, 2015), ce qui n'est pas le cas chez les individus dyslexiques (Paulesu et al., 2014; Richlan, 2012; Richlan et al., 2011). Puisque la tâche des participants était de lire à haute voix le mot-cible le plus rapidement et le plus précisément possible et que certaines phrases le rendait incohérent, il est possible que les participants normo-lecteurs aient adopté une stratégie consistant à prononcer le mot avant de tenter de l'intégrer au contexte. En revanche, les participants dyslexiques exhibant d'importantes difficultés en tâche de reconnaissance de mots (Paulesu et al., 2014; Richlan, 2012; Richlan et al., 2011) et particulièrement en tâche de dénomination (Al Dahhan et al., 2014; Georgiou et al., 2018; Parrila et al., 2007; Vukovic et al., 2004), l'adoption d'une telle stratégie peut sembler davantage compromise.

Un autre moyen d'examiner les processus cognitifs impliqués dans la lecture de phrases chez les adultes dyslexiques est l'enregistrement des mouvements oculaires. L'avantage de cette technique est qu'elle permet de recueillir différentes mesures indexant les processus cognitifs impliqués dans la lecture tout en conservant des conditions de lecture naturelles (Clifton et al., 2007). De manière générale, les études ayant utilisé cette technique montrent que les individus dyslexiques exhibent des temps de fixations plus longs et font également plus de fixations que les normo-lecteurs (Hawelka, Gagl, & Wimmer, 2010; Jainta & Kapoula, 2011; Kirkby, Webster, Blythe, & Liversedge, 2008; Pavlidis, 1981; Yagle et al., 2017).

Hawelka et collègues (2010) ont conduit une étude visant à examiner les liens entre la reconnaissance des mots et le contrôle des mouvements oculaires en lecture de phrases chez les adultes dyslexiques. Dans ce but, les auteurs tentent de faire le lien entre le modèle

de lecture à double voie et celui du lecteur E-Z. Les résultats de cette étude montrent qu'au sein d'une phrase, les individus dyslexiques faisaient environ deux fois plus de fixations que les normo-lecteurs, sautaient beaucoup moins de mots, et faisaient davantage de fixations multiples sur un même mot durant le premier passage de lecture. Liant ce pattern oculomoteur avec les hypothèses du modèle à double voie, Hawelka et collègues (2010) suggèrent que les mots recevant plus d'une fixation lors du premier passage de lecture seraient reconnus via l'application de la procédure de décodage. En revanche, les mots recevant une fixation unique (ou aucune fixation) seraient davantage reconnus via l'application de la procédure orthographique. De plus dans cette étude, le nombre de fixations et la *gaze duration* étaient plus influencés par la longueur des mots chez les individus dyslexiques que chez les normo-lecteurs. Dans le cadre du modèle à double voie, l'effet de longueur est interprété comme reflétant le recours à la procédure de décodage. Ce résultat suggère donc que les participants dyslexiques avaient davantage recours à la procédure de décodage que les normo-lecteurs, suggérant un déficit de l'accès au lexique orthographique. Une autre indication de ce déficit réside dans le fait que les participants dyslexiques faisaient une fixation unique sur un mot ou le sautaient uniquement 67% du temps, contre 90% chez les normo-lecteurs. Cette interprétation est renforcée par le fait que la mesure de la durée de la fixation unique n'était pas influencée par la longueur des mots, dans aucune des deux populations, excepté pour les mots les plus longs (i.e., 8 et 9 lettres). Par ailleurs pour les mots de haute fréquence, les individus dyslexiques et normo-lecteurs exhibaient des mesures de *gaze duration* similaires, tandis que pour les mots de basse et moyenne fréquence les individus dyslexiques étaient davantage affectés par la longueur des mots que les normo-lecteurs. Ce pattern de résultats a été interprété comme suggérant que les individus dyslexiques lisaient les mots de haute fréquence via l'application de la procédure orthographique tandis que les mots de basse et moyenne fréquence étaient lus via l'application de la procédure de décodage.

Dans cette étude, les auteurs se sont intéressés aux processus cognitifs sous-jacents à la reconnaissance des mots en lecture de phrases. Cependant le contexte sémantique des phrases n'a pas été manipulé ce qui ne permet pas de tester l'hypothèse selon laquelle les individus dyslexiques se baseraient davantage sur le contexte sémantique que les normo-lecteurs. Il pourrait être intéressant, dans de futures recherches, de faire le parallèle entre ces deux modèles (i.e., le modèle à double voie et le modèle du lecteur E-Z) lors de la lecture de phrases dont le degré de prédictibilité du contexte aurait été manipulé.

3. En résumé..

Quatre modèles théoriques de la lecture ont été présentés dans ce chapitre : 1) l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014) qui propose un cadre général de la compréhension en lecture donnant un rôle central aux capacités de reconnaissance des mots ; 2) le modèle à double voie (Coltheart et al., 2001) largement utilisé dans le domaine de l'évaluation cognitive et neuropsychologique de la lecture ; 3) le modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 2004) qui est actuellement l'un des modèles les plus influents dans le domaine de la recherche sur les processus cognitifs impliqués dans la lecture de mots ; et 4) le modèle du lecteur E-Z (Reichle, 2011; Reichle et al., 2003) élaboré dans le but de modéliser les différents stades du contrôle des mouvements oculaires en lecture de phrases.

L'Hypothèse de la Qualité Lexicale proposée par Perfetti et collègues (2002, 2005, 2014) présuppose qu'en lecture de phrases, la qualité des représentations lexicales influence fortement les capacités de compréhension. Cette hypothèse présuppose que les capacités de reconnaissance des mots jouent un rôle central en lecture de phrases. Dans ce cadre, les déficits observés chez les individus dyslexiques en reconnaissance de mots isolés pourraient également être observés lors de la reconnaissance de ces mêmes mots en lecture de phrases.

Le modèle à double voie est particulièrement utilisé pour l'interprétation des mécanismes cognitifs impliqués dans la lecture chez les individus dyslexiques. En effet, ce modèle permet de rendre compte de manière relativement simple des différentes procédures pouvant être impliquées dans la reconnaissance des mots écrits (i.e., la procédure de décodage et la procédure orthographique) et offre un cadre théorique intéressant pour l'interprétation des déficits observés chez les individus dyslexiques. Le modèle connexionniste en triangle, quant à lui, se propose d'expliquer les mécanismes de bases qui sous-tendent les représentations symboliques impliquées dans la reconnaissance des mots et de simuler le fonctionnement neuronal sous-jacent à la lecture. L'une des hypothèses centrales de ce modèle est que la lecture experte nécessite la contribution conjointe des représentations phonologiques et sémantiques et que des différences dans les compétences relatives aux traitements phonologiques et sémantiques pourraient moduler la contribution de chacun de ces deux types de traitement lors de la lecture. Cette hypothèse de répartition des tâches offre un cadre théorique particulièrement intéressant aux études examinant la

contribution des différents types de représentations lors de la reconnaissance visuelle des mots.

Par ailleurs, dans le cadre de l'étude de l'influence de la consistance phonologique sur le traitement de mots écrits, le modèle à double voie conduit à la prédiction que la consistance phonologique des mots affectera uniquement le traitement des mots lus via l'application de la procédure orthographique (Coltheart et al., 1993). Le modèle connexionniste en triangle quant à lui postule que le traitement d'un mot sera influencé par les représentations phonologiques qui lui sont associées qu'il soit reconnu principalement par le biais des connexions entre orthographe et sémantique ou par celui des connexions entre orthographe et phonologie.

Enfin, le modèle du lecteur E-Z propose un cadre théorique à l'interprétation des mouvements oculaires en lecture de phrases et permet notamment de relier les différentes mesures des mouvements oculaires aux différents stades de traitement impliqués dans la lecture. Selon ce modèle, le traitement d'un mot rendu prédictible par le contexte est facilité dès les premiers stades de traitement grâce à la pré-activation des diverses représentations qui lui sont associées. En revanche, le traitement d'un mot rendu incohérent par le contexte sera affecté de manière post-lexicale. Le modèle du lecteur E-Z conduit donc à la prédiction que le traitement d'un mot-cible et l'activation des différentes représentations qui lui sont liées seront modulés par le contexte sémantique.

CHAPITRE 4.

L'influence des représentations phonologiques en lecture de mots isolés et de phrases

Du fait de la primauté de l'acquisition du langage oral par rapport au langage écrit, qu'un système d'écriture alphabétique transcrit les unités phonologiques de la langue, et de la relative régularité des correspondances entre orthographe et phonologie, certains auteurs postulent que la lecture silencieuse repose nécessairement sur l'activation des représentations phonologiques (Frost, 1998; Van Orden et al., 1990). De nombreuses études suggèrent en effet que chez le lecteur expert, lire un mot active les représentations phonologiques qui lui correspondent de manière rapide et automatique (Pattamadilok et al., 2017; Perea et al., 2015). Chez le lecteur dyslexique en revanche, il est largement admis que les associations entre représentations orthographiques et phonologiques sont plus instables que chez les normo-lecteurs, y compris à l'âge adulte (Norton et al., 2015; Peterson & Pennington, 2015; Szenkovits et al., 2016; Ziegler, 2006), ce qui pourrait expliquer la persistance de leurs difficultés en lecture.

1. L'influence de la phonologie pendant la lecture de mots isolés et de phrases chez le lecteur expert

L'hypothèse selon laquelle la reconnaissance visuelle des mots implique l'activation automatique (et obligatoire) des représentations phonologiques est aujourd'hui encore controversée. Certaines études suggèrent que l'activation des représentations phonologiques et sémantiques peut être empêchée ou modulée selon la tâche employée et le degré d'attention engagé (Brown, Roberts, & Besner, 2001; Démonet et al., 1992; Devlin, Matthews, & Rushworth, 2003; McDermott, Petersen, Watson, & Ojemann, 2003; Poldrack et al., 1999; Rumsey et al., 1997). Cependant, la dépendance de ce type d'activation au type de tâche employé et au processus attentionnels engagés a été remise en doute par un nombre important d'études rapportant une influence des représentations phonologiques et sémantiques en lecture de mots, même lorsque l'activation de ces représentations n'est pas pertinente pour la tâche ou rendues non directement accessibles (Rodd, 2004; Tanenhaus et al., 1980; Ziegler & Jacobs, 1995). Chez le lecteur expert, il existe en effet de nombreuses

preuves empiriques de l'existence d'un codage phonologique automatique et obligatoire en tâche de lecture silencieuse (Ferrand & Grainger, 1992, 1993, 1994; Grainger & Ferrand, 1994; Grainger, Kiyonaga, & Holcomb, 2006; Okano, Grainger, & Holcomb, 2016; Pattamadilok et al., 2017; Ziegler, Ferrand, Jacobs, Rey, & Grainger, 2000).

Dans les sections qui suivent, nous commencerons par présenter les études ayant examiné le décours temporel de l'activation des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques (section 1.1). Ensuite, nous présenterons les études examinant l'influence des représentations phonologiques en lecture de mots isolés (section 1.2) puis en lecture de phrases (section 1.3). Enfin, puisque dans ce travail de thèse nous prévoyons d'examiner les interactions entre les modalités orale et écrite du langage via la manipulation de la consistance phonologique des stimuli, nous nous focaliserons plus particulièrement sur les études manipulant ce facteur (section 1.4).

1.1. Le décours temporel de l'activation des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques

Au niveau comportemental, le décours temporel de l'activation des différentes représentations associées à la reconnaissance d'un mot a été largement étudié via les paradigmes d'amorçage ou d'amorçage masqué. Le paradigme d'amorçage consiste à présenter un mot ou pseudomot dit « amorce » pour une durée généralement très brève, suivi d'un mot ou pseudomot « cible » sur lequel porte la tâche (e.g., décision lexicale, dénomination, catégorisation sémantique). Dans le cas du paradigme d'amorçage masqué, l'amorce est dite masquée par une chaîne de caractères de type ##### présentée juste avant cette amorce afin d'en limiter la visibilité et d'éviter que l'amorce soit consciemment identifiée. Par conséquent, les effets d'amorçage observés peuvent être attribués à des processus automatiques inconscients. Dans ce type de paradigme, les auteurs manipulent les caractéristiques de l'amorce et les relations entre amorce et cible. Par exemple, le mot-cible *rose* pourra être amorcé par le pseudomot amorce *rauze* (qui lui est relié phonologiquement), ou par le pseudomot amorce *rove* (qui lui est relié orthographiquement uniquement). Observer l'influence des différents types d'amorce sur le traitement du mot-cible, permet aux chercheurs d'examiner les processus sous-jacents à la lecture de mots. En manipulant également le temps de présentation de l'amorce, de nombreuses études ont examiné le décours temporel de l'activation des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques.

Utilisant un paradigme d'amorçage masqué et une tâche de catégorisation sémantique, les études menées par Lesch et Pollatsek (1993) et Lukatela et Turvey (1994) ont montré que le traitement d'un mot-cible (e.g., *biche*) était facilité par la présence d'un mot-amorce sémantiquement relié à la cible (e.g., *cerf*) ou homophone d'un mot sémantiquement relié (e.g., *serre*) comparé aux conditions non reliées (e.g., *chaise*). Les mots amorces étaient présentés pour une durée de 50 ms ou 250 ms. Pour les paires sémantiquement reliées (e.g., *cerf* – *biche*), l'effet de facilitation a été observé pour les deux durées de présentation de l'amorce. Pour les paires sémantiquement non reliées où l'amorce est homophone d'un mot sémantiquement relié (e.g., *serre* – *biche*), l'effet de facilitation est observé lorsque la durée de l'amorce est de 50 ms, mais pas lorsqu'elle est de 250 ms. Ce pattern de résultats semble appuyer l'hypothèse selon laquelle, lors de la lecture, le sens d'un mot est activé via sa forme phonologique, les homophones étant différenciés dans un second temps, par l'application d'une procédure de « vérification orthographique » (Van Orden, Johnston, & Hale, 1988). De nombreuses études ont par la suite réemployé ce type de paradigme, faisant varier les temps de présentation de l'amorce ainsi que les relations entre amorce et cible. Ainsi, il a été montré qu'en reconnaissance de mots écrits, l'activation des représentations orthographiques et phonologiques est extrêmement rapides, l'activation des représentations orthographiques précédant celle des représentations phonologiques (Ferrand & Grainger, 1992, 1993, 1994; Grainger & Ferrand, 1994; Zeguers, Snellings, Huizenga, & van der Molen, 2014; Ziegler et al., 2000). Les effets de facilitation orthographique sont observés pour des temps de présentation de l'amorce variant entre 33 et 50 ms, alors que les effets de facilitation phonologique ne sont observés qu'à partir de 40 ms. L'activation des représentations sémantiques semble être plus tardive puisque l'effet de facilitation induit par une amorce sémantiquement reliée n'apparaît qu'à partir de 50 ms de présentation (Ferrand & Grainger, 1993; Perea & Gotor, 1997; Plaut & Booth, 2000).

Cependant, l'une des limites des conclusions tirées à partir des données comportementales est qu'il est difficile de savoir si les conflits générés par les liens entre l'amorce et la cible affectent les stades de décision ou d'accès au lexique. Par conséquent, des études plus récentes ont examiné la question du décours temporel de l'activation des différentes représentations associées à la reconnaissance visuelle des mots en utilisant des techniques de neuro-imagerie telles que l'EEG ou la MEG. En EEG, des études utilisant un paradigme d'amorçage masqué ont montré qu'une amorce orthographiquement reliée au mot-cible influence le traitement de celui-ci dès 200 ms environ après le début du stimulus

(Carreiras, Perea, Vergara, & Pollatsek, 2009; Grainger et al., 2006) tandis qu'une amorce phonologiquement reliée influence le traitement du mot-cible à partir de 250 ms environ (Grainger et al., 2006). Une autre étude utilisant une tâche de décision lexicale dans laquelle la consistance phonologique des mots présentés a été manipulée rapporte une influence de la phonologie aux alentours de 200 ms (Sereno, Rayner, & Posner, 1998). En revanche, les études effectuées en MEG rapportent une influence des représentations phonologiques encore plus précoce, aux alentours de 100 ms (Cornelissen et al., 2009; Pammer et al., 2004; Wheat et al., 2010). Ce pattern de résultats a typiquement été interprété comme suggérant que la reconnaissance des mots écrits est soutenue par l'activation automatique et précoce des représentations phonologiques (Carreiras, Armstrong, Perea, & Frost, 2014; Grainger & Holcomb, 2009b; Wheat et al., 2010).

Le décours temporel de l'activation des représentations sémantiques associées à un mot a également largement été étudié via les paradigmes d'amorçage (Bermeitinger, Frings, & Wentura, 2008; Beyersmann, Iakimova, Ziegler, & Colé, 2014; Cavalli, Colé, et al., 2016). Typiquement, les participants effectuent une tâche de décision lexicale sur un mot-cible amorcé par un mot sémantiquement relié ou non-relié. Les études menées en EEG révèlent que l'effet d'amorçage sémantique est observé aux alentours 350 ms sur la composante N400 (Bermeitinger et al., 2008; Meade & Coch, 2017), soit environ 150 à 100 ms plus tard que les effets d'amorçage orthographique et phonologique, respectivement, ce qui est cohérent avec les résultats comportementaux précédemment rapportés. Le décours temporel de l'accès aux représentations sémantiques observé en EEG est également cohérent avec les études menées en MEG (Cavalli, Colé, et al., 2016).

1.2. L'influence des représentations phonologiques en lecture de mots isolés

Les tâches expérimentales les plus employées par les travaux portant sur la reconnaissance des mots sont les tâches de décision lexicale, de dénomination, et de catégorisation sémantique. Les tâches de décision lexicale et de catégorisation sémantique ont pour avantage de ne pouvoir être réalisées que via la consultation du lexique mental et de mettre l'accent sur les caractéristiques lexicales du stimulus et non sur les représentations phonologiques qui lui sont associées, contrairement aux tâches de jugement de rime ou de dénomination (Coltheart, 2006; Leininger, 2014). Néanmoins, la tâche de dénomination a été largement employée, notamment afin de tester l'hypothèse de l'existence de deux procédures de lecture postulée par le modèle à double voie (Coltheart et al., 2001), et leur efficacité au sein de différents groupes de lecteurs.

L'un des premiers résultats interprété en faveur d'un codage phonologique automatique et obligatoire en lecture silencieuse est l'effet d'homophonie des pseudomots (Parkin & Ellingham, 1983; Rubenstein, Lewis, & Rubenstein, 1971) : en tâche de décision lexicale, il est plus difficile de rejeter un pseudohomophone (i.e., des pseudomots comme *kaje* ou *phaie* qui se prononcent de la même manière que les mots *cage* et *fée*, respectivement) qu'un pseudomot non homophone d'un mot réel (e.g., *fage* ou *kirbe*). Cet effet a également été observé en tâche de catégorisation sémantique (Van Orden et al., 1988) dans laquelle les participants doivent juger si le stimulus présenté appartient à une catégorie sémantique prédéfinie (e.g., les animaux). Ces différents résultats suggèrent que, lors de la lecture de pseudohomophones, l'activation des représentations phonologiques entre en conflit avec les représentations orthographiques, ralentissant ainsi le processus de décision (Coltheart, 2006; Peereman, 1991). Cependant, d'autres études montrent que cet effet de pseudohomophonie disparaît lorsque les listes de stimuli contiennent une proportion importante de pseudohomophones, rendant ainsi l'information phonologique non pertinente pour la reconnaissance des mots et néfaste aux performances (Mcquade, 1981). Ces résultats suggèrent que l'activation des représentations phonologiques peut être contrôlée de manière stratégique. De plus, l'observation d'un codage phonologique (obligatoire ou non) en lecture de pseudomots ou pseudohomophones ne permet pas de conclure que les représentations phonologiques sont nécessairement activées en lecture de mots réels.

Afin d'examiner la question de l'activation des représentations phonologiques en lecture de mots réels, certains auteurs ont manipulé les relations entre orthographe et phonologie au sein d'un même mot, et notamment la régularité des règles de conversion grapho-phonémiques. En tâche de dénomination, la vitesse de lecture des mots de haute fréquence ne semble pas influencée par la régularité des mots : les normo-lecteurs exhibent des temps de latence similaires en présentation de mots réguliers et irréguliers (Coltheart et al., 2001; Paap & Noel, 1991). En revanche, lorsque les mots présentés sont de basse fréquence, les mots irréguliers sont lus plus lentement que les mots réguliers (Coltheart et al., 2001; Paap & Noel, 1991; Rastle & Coltheart, 1999). Le modèle à double voie propose d'expliquer ce pattern de résultats de la manière suivante : la forme orthographique des mots fréquents étant familière, l'application de la procédure orthographique serait plus rapide que pour les mots rares. Autrement dit, la lecture de mots fréquents serait effectuée via l'application de la procédure orthographique sans que les représentations générées par

la procédure de décodage (plus lente) n'influencent le lecteur. À l'inverse, lors de la lecture de mots de basse fréquence, l'application de la procédure orthographique étant plus lente que pour les mots de haute fréquence, les représentations mentales générées par la procédure de décodage sont assez rapides pour influencer la réponse du lecteur. Par conséquent, lorsque le mot lu est irrégulier, les représentations générées par la procédure de décodage interféreraient avec celles générées par la procédure orthographique (Coltheart, 2006; Coltheart et al., 2001).

Un autre moyen d'étudier l'influence des représentations phonologique en lecture de mots isolés est de manipuler la densité du voisinage phonologique des mots-cibles (Carrasco-Ortiz, Midgley, Grainger, & Holcomb, 2017; Chen, Vaid, Boas, & Bortfeld, 2011; Grainger, Muneaux, Farioli, & Ziegler, 2005; Yates, Locker, & Simpson, 2004). La notion de voisin phonologique correspond à l'ensemble des mots de même longueur ne se distinguant que par un phonème. Par exemple, les mots *dame*, *rame*, *femme*, *lime*, *lave*, et *gamme*, sont tous voisins phonologiques du mot *lame*. En tâche de décision lexicale, les résultats rapportés dans la littérature sont contradictoires : tandis que certaines études montrent que les mots ayant beaucoup de voisins phonologiques sont reconnus plus rapidement que les mots qui en ont peu (Yates, 2005; Yates et al., 2004), d'autres études montrent l'effet inverse (Chen et al., 2011). L'une des hypothèses proposées afin d'expliquer la disparité de ces résultats est que la direction de l'effet de voisinage phonologique (i.e., facilitation ou inhibition) dépendrait du nombre de voisins orthographiques (i.e., l'ensemble des mots de même longueur ne se distinguant que par une lettre : *dame*, *rame*, *lime*, *laie*, et *lave* sont des voisins orthographiques de *lame*) des stimuli utilisés (Carrasco-Ortiz et al., 2017; Grainger et al., 2005). Grainger et collaborateurs (2005) ont observé un effet d'inhibition pour les mots ayant beaucoup de voisins phonologiques et peu de voisins orthographiques et un effet de facilitation pour les mots ayant à la fois de nombreux voisins phonologiques et orthographiques. Ces différents effets ont été interprétés comme reflétant l'influence de la *compatibilité intermodale* des stimuli. En effet, les mots ayant de nombreux voisins phonologiques et peu de voisins orthographiques (e.g., *choc*) ont typiquement beaucoup de voisins phonologiques s'orthographiant différemment (e.g., *chaque*, *loque*, *toque*). De manière similaire, les mots ayant peu de voisins phonologiques et de nombreux voisins orthographiques (e.g., *laser*) ont typiquement beaucoup de voisins orthographiques avec une prononciation différente de la leur (e.g., *caser*, *raser*, *léser*, *laver*). En revanche, les mots ayant un nombre similaire de voisins phonologiques et orthographiques (e.g., *mine*) ont davantage

de voisins orthographique se prononçant de la même manière (e.g., *fine, dine, vine, mène*) et de voisins phonologiques partageant la même orthographe (e.g., *fine, dine, vine, mène*, mais aussi *chine* et *quine*; Carrasco-Ortiz et al., 2017). Autrement dit, ce serait le degré de consistance entre les formes des voisins orthographiques et phonologiques et les formes orthographique et phonologique du mot-cible qui influencerait la reconnaissance visuelle de ce mot.

Cette hypothèse semble confirmée par une étude récente en EEG (Carrasco-Ortiz et al., 2017) examinant les interactions entre les densités des voisinages phonologique et orthographique à l'aide d'une tâche de décision lexicale et d'une tâche de catégorisation sémantique. Les résultats montrent une interaction entre la densité des voisinages orthographique et phonologique sur la composante N400 dans les deux types de tâches : les mots ayant un grand nombre de voisins phonologiques et orthographiques élicitaient une composante N400 de plus grande amplitude que ceux ayant beaucoup de voisins phonologiques et peu de voisins orthographiques ; les mots ayant beaucoup de voisins phonologiques et peu de voisins orthographiques élicitaient une composante N400 moins importante que les mots ayant peu de voisins orthographiques et phonologiques. Carrasco-Ortiz et collaborateurs interprètent ce pattern de résultats comme reflétant le degré de compatibilité entre les orthographe et prononciations des différents voisins du mot-cible : un degré de compatibilité plus important augmenterait l'activité lexicale globale impliquée dans la reconnaissance du mot, et éliciterait donc une composante N400 de plus grande amplitude que lorsque le degré de compatibilité entre les orthographe et prononciations des voisins est moindre. La composante N400 ne serait donc pas modulée par le degré de difficulté de traitement du mot mais par l'intensité globale d'activation des représentations lexico-sémantiques. Les mots ayant des voisins lexicaux avec un fort degré de compatibilité intermodale génèreraient davantage de résonance entre les représentations orthographiques et phonologiques simultanément activées, conduisant à une activité neuronale plus importante ou plus stable. À l'inverse, les mots ayant des voisins lexicaux avec un faible degré de compatibilité intermodale génèreraient un patron d'activation plus dissonant, conduisant à une activité neuronale moins importante ou moins stable (Carrasco-Ortiz et al., 2017).

1.3. L'influence des représentations phonologiques en lecture de phrases

La majorité des études comportementales et de neuro-imagerie ayant examiné le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques en lecture se sont

focalisées sur le traitement de mots isolés (Ashby, Sanders, & Kingston, 2009; Cornelissen et al., 2009; Helenius et al., 1999; Pammer et al., 2004; Salmelin et al., 1996; Wheat et al., 2010, voir Leinenger, 2014, pour une revue de la littérature). Cependant chez les normo-lecteurs, certaines études ont également étudié l'influence des représentations phonologiques en lecture de phrases (Newman & Connolly, 2004; Niznikiewicz & Squires, 1996; Ziegler, Benraiss, & Besson, 1999). Newman et Connolly (2004) ont présenté à un groupe de participants des phrases dont le mot final pouvait être soit un mot cohérent avec le contexte précédant (e.g., *Les pompiers vont éteindre le feu*), un pseudohomophone du mot cohérent (e.g., *Le bateau disparaît dans une épaisse phumée [fumée]*), un mot incohérent (e.g., *Le surfeur glisse sur la reine [vague]*), ou un pseudomot non relié (phonologiquement et orthographiquement) au mot cohérent (e.g., *Le singe grimpe aux turge [arbres]*). Ils observent que comparé à un mot cohérent, la présence d'un pseudohomophone a un effet d'inhibition sur les stades précoces de traitement (aux alentours de 270 ms) ce qui suggère que les participants remarquaient l'inadéquation de la forme orthographique du stimulus. Cependant comparé à un mot incohérent ou à un pseudomot non relié, la présence d'un pseudohomophone facilite l'accès au sens (reflété par la composante N400, Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Hillyard, 1980). Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant que les représentations phonologiques sont activées de manière pré-lexicale. L'interprétation selon laquelle les représentations phonologiques sont activées de manière précoce semble également confirmée par l'étude de Niznikiewicz et Squires (1996) qui rapportent une influence des représentations phonologiques dès les 300 premières millisecondes de traitement.

Plusieurs études ont également examiné l'activation des représentations phonologiques en lecture de phrases via la technique des mouvements oculaires (Chace, Rayner, & Well, 2005; Henderson, Dixon, Petersen, Twilley, & Ferreira, 1995; Inhoff & Topolski, 1994; Jared, Levy, & Rayner, 1999; Lesch & Pollatsek, 1998; Mielliet & Sparrow, 2004; Pollatsek, Lesch, Morris, & Rayner, 1992; Rayner, 1998, 2009; Rayner, Pollatsek, & Binder, 1998). Rayner et collègues (1998) examinent l'influence de la prédictibilité du contexte sur l'activation des représentations phonologiques. Dans cette étude, les mouvements oculaires des participants étaient enregistrés tandis qu'ils lisaient des textes courts dans lesquels le degré de prédictibilité des mots avait été manipulé et où certains mots avaient été remplacés par des mots homophones, des pseudohomophones, ou des mots non-homophones. Les résultats montrent que le fait que le mot-cible soit remplacé par un

mot homophone ou un pseudohomophone n'influçait pas les mesures les plus précoces de traitement (i.e., dans cette étude, les durées de la première fixation et de la fixation unique), mais seulement les mesures reflétant le stade de l'accès au lexique (i.e., *gaze duration*) et d'intégration sémantique et syntaxique du mot (i.e., durée totale de fixation). Cette absence d'effet sur les mesures les plus précoces est interprétée comme une preuve de l'activation précoce des représentations phonologiques (Rayner et al., 1998). Inhoff et Topolski (1994) observent des résultats similaires et proposent l'hypothèse selon laquelle les représentations phonologiques seraient activées de manière précoce et influenceraient l'accès lexical. Toutefois, cette hypothèse a été nuancée par certaines études montrant que les représentations phonologiques influencent le traitement d'un mot-cible de manière précoce uniquement lors du traitement de mots de basse fréquence (Jared et al., 1999).

Cependant, certaines études manipulant la nature de l'information disponible de manière parafovéale suggèrent que les représentations phonologiques seraient activées avant même que le mot-cible soit fixé (Chace et al., 2005; Henderson et al., 1995; Lesch & Pollatsek, 1998; Miellet & Sparrow, 2004; Pollatsek et al., 1992; Rayner, 1998, 2009). Typiquement, les études ayant examiné cette question utilisent le paradigme appelé « paradigme de frontière » (Rayner, 1975) afin de manipuler l'information perçue de manière parafovéale. Dans ce type de paradigme, une frontière invisible au lecteur est insérée juste avant le mot-cible, et ce mot-cible est modifié dès que le lecteur effectue une saccade traversant cette frontière. Le mot présenté à la place du mot-cible avant que le regard du lecteur ne traverse cette frontière peut avoir différent degré de chevauchement orthographique, phonologique, ou sémantique avec le mot-cible. Contrôlant le degré de chevauchement orthographique et manipulant le degré de chevauchement phonologique entre le mot affiché avant le franchissement de la frontière et le mot-cible, certaines études observent un bénéfice phonologique de la prévisualisation parafovéale. Plus précisément, les temps de fixation sur le mot-cible étaient plus courts lorsque le mot disponible en vision parafovéale était un homophone du mot-cible que lorsque c'était un mot non relié phonologiquement (Pollatsek et al., 1992). De manière similaire, Miellet et Sparrow (2004) rapportent que les temps de fixation sur le mot-cible sont similaires lorsque le mot présenté en vision parafovéale est un pseudohomophone du mot-cible et lorsqu'il est identique à celui présenté en vision fovéale. Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant que les représentations phonologiques peuvent être activées avant que le regard

du lecteur ne fixe le mot-cible et être utilisées lors de l'accès au lexique (voir Lesch & Pollatsek, 1998, pour une interprétation similaire).

1.4. Les effets de consistance phonologique en lecture de mots isolés

En lecture de mots isolés, les résultats rapportés par Carrasco-Ortiz et collègues suggèrent que le degré de compatibilité intermodale de la rime d'un mot influencerait le degré d'activité cérébrale impliqué dans sa reconnaissance visuelle. À l'écrit, le fait que l'orthographe d'un mot donné puisse avoir plusieurs prononciations ou non renvoie la notion de consistance phonologique. Par exemple, la rime *-ille* est phonologiquement inconsistante en français car elle peut se prononcer de différentes manières (e.g., *fille* vs. *ville*). À l'inverse, la rime *-ague* est phonologiquement consistante car elle ne peut se prononcer que d'une seule manière (e.g., *dague*, *vague*, *bague*, *blague*). Tandis que la manipulation de la compatibilité intermodale des voisins d'un mot implique la manipulation des relations entre orthographe et phonologie entre différents mots, la manipulation de la consistance phonologique permet de manipuler ces relations au sein d'un même mot.

En tâche de dénomination, de nombreuses études montrent que les temps de latence sont plus importants pour les mots phonologiquement inconsistants par rapport aux mots phonologiquement consistants (Andrews, 1982; Balota, Cortese, Sergent-Marshall, Spieler, & Yap, 2004; Graves, Desai, Humphries, Seidenberg, & Binder, 2010; Inhoff & Topolski, 1994; Jared, 1997, 2002; Jared, McRae, & Seidenberg, 1990; Lacruz & Folk, 2004; Massaro & Jesse, 2005). Ce pattern de résultats a été interprété comme reflétant l'activation de prononciations compétitrices qui rendrait la dénomination des mots inconsistants plus difficile (Graves et al., 2010). En tâche de décision lexicale en revanche, les résultats rapportés dans la littérature sont davantage contradictoires : Certains auteurs observent un effet de consistance phonologique (Andrews, 1982; Lacruz & Folk, 2004; Perry, 2003; Stone et al., 1997; Ziegler, Montant, & Jacobs, 1997), d'autres non (Balota et al., 2004; Peereman, Content, & Bonin, 1998; Pexman et al., 2002; Taft & van Graan, 1998; Ziegler et al., 2008). Par ailleurs, une étude réalisée par Inhoff et Topolsky (1994) montre qu'en lecture de phrases, les temps de fixation ne sont pas modulés par la consistance phonologique des mots.

Plusieurs hypothèses ont été proposées afin d'expliquer la disparité des résultats obtenus en tâche de décision lexicale. Certains auteurs ont suggéré que les études rapportant un effet de consistance phonologique n'auraient pas contrôlé la fréquence ni le degré de familiarité des stimuli utilisés (Peereman et al., 1998). Afin de répondre à cette

critique, Lacruz et Folk (2004) ont répliqué l'effet de consistance phonologique tout en contrôlant le degré de familiarité, la fréquence, la longueur, la densité du voisinage orthographique, la fréquence des bigrammes, et la somme des fréquences des mots amis (i.e., les mots ayant à la fois la même rime orthographique et la même prononciation que le mot-cible) des stimuli choisis. Le fait qu'un effet de consistance soit observé (i.e., temps de réaction plus importants pour le traitement de mots inconsistants par rapport à celui de mots consistants) tandis que les stimuli ont été contrôlés sur un nombre important de variable suggère que le degré de consistance phonologique affecte effectivement le traitement visuel des mots.

Par ailleurs, une autre explication possible est que la disparité des résultats rapportés pourrait provenir de différences interindividuelles quant à la contribution des divers types de représentations impliquées dans la reconnaissance des mots écrits. Cette hypothèse est notamment soutenue par de récentes études comportementales (Welcome & Alton, 2015; Woollams et al., 2016) et en neuro-imagerie (Frost et al., 2005; Graves et al., 2014, 2010; Hoffman, Lambon Ralph, & Woollams, 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016) présentées un peu plus bas.

Les études menées en neuro-imagerie rapportent qu'en tâche de dénomination, le degré d'activation de plusieurs régions cérébrales est modulé par le degré de consistance phonologique des mots (Binder, Medler, Desai, Conant, & Liebenthal, 2005; Fiez, Balota, Raichle, & Petersen, 1999; Graves et al., 2010; Herbster, Mintun, Nebes, & Becker, 1997; McCrory, Mechelli, Frith, & Price, 2005). Typiquement, les mots phonologiquement inconsistants élicitent une plus forte activation que les mots phonologiquement consistants dans les régions des gyri frontal inférieur gauche et droit, précentral gauche, et supramarginal gauche (Fiez et al., 1999; Frost et al., 2005; Graves et al., 2010; Malins et al., 2016). De précédentes études montrent que ces régions sont respectivement impliquées dans le recodage phonologique et l'intégration sémantique (Poldrack et al., 1999; Zhu et al., 2012, 2013), les traitements phonologiques et plus spécifiquement le traitement des représentations motrices articulatoires des sons de la parole (Hickok, 2012; Schwartz et al., 2012; Vigneau et al., 2006), et dans la génération des représentations phonologiques en reconnaissance de mots écrits et le maintien en mémoire de ces représentations (Paulesu, Frith, & Frackowiak, 1993; Stoeckel, Gough, Watkins, & Devlin, 2009). L'observation d'une plus forte activité dans ces régions cérébrales lors du traitement de mots inconsistants par rapport au traitement de mots consistants a été interprétée comme reflétant une

augmentation des ressources neuronales allouées à l'appariement des formes orthographique et phonologique (Fiez et al., 1999; Graves et al., 2010; Malins et al., 2016).

Par ailleurs, certaines études suggèrent que les différences interindividuelles quant aux compétences relatives aux traitements phonologiques et sémantiques pourraient moduler la contribution de chacun de ces deux types de traitement lors de la reconnaissance de mots écrits (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016; Plaut, 1997, 2008; Plaut & Booth, 2000; Seidenberg, 1992; Welcome & Alton, 2015; Welcome & Joanisse, 2012; Woollams et al., 2016). Cette question a déjà été abordée dans le Chapitre 3 (section 1.3). Manipulant la consistance phonologique et le degré d'imageabilité ou de similarité sémantique des mots présentés, plusieurs études montrent que les réseaux neuronaux impliqués dans le traitement visuel des mots sont modulés par les capacités des participants. En lecture de mots, les individus ayant de meilleures capacités phonologiques s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie tandis que les participants ayant de meilleures capacités sémantiques s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Malins et al., 2016; Woollams et al., 2016). Comme mentionné plus haut, cette variabilité interindividuelle pourrait en partie expliquer la disparité des résultats rapportés dans la littérature concernant l'effet de consistance phonologique en tâche de décision lexicale. Les participants s'appuyant davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique pourraient être moins affectés par la consistance de la rime des mots que les participants s'appuyant davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie, ce qui pourrait avoir, dans certains cas, réduit l'influence de la consistance phonologique au niveau du groupe.

2. L'influence de la phonologie pendant la lecture de mots isolés et de phrases chez le lecteur dyslexique

Les individus dyslexiques souffrent d'un déficit des traitements phonologiques qui persiste à l'âge adulte et affecte leurs performances en lecture (Cavalli, Casalis, et al., 2016; Ramus et al., 2003; Ramus & Szenkovits, 2008). Certaines études ayant examiné le décours temporel des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques chez les adultes dyslexiques suggèrent qu'il pourrait être différent de celui observé chez les normo-lecteurs. Nous discutons ces études dans la section 2.1. Par ailleurs, la plupart des travaux

ayant étudié l'influence des représentations phonologiques sur le traitement de mots écrits l'ont fait via la manipulation de la régularité des règles de conversion grapho-phonémiques, et non via la manipulation de la consistance phonologique. Dans la section 2.2, nous exposerons les différences entre ces deux facteurs, puis nous présenterons les études ayant examiné l'influence de la consistance phonologique chez les individus dyslexiques.

2.1. Le décours temporel de l'activation des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques

Chez les individus dyslexiques, plusieurs études montrent que lors du traitement de mots écrits, le décours temporel de l'activation des diverses représentations liées aux mots serait différent de celui observé chez les normo-lecteurs (Araújo et al., 2015; Breznitz, 2006; Breznitz & Misra, 2003; Cavalli, Colé, et al., 2017; Helenius et al., 1999; Salmelin et al., 1996; Savill & Thierry, 2011a).

Dans une étude pionnière examinant le décours temporel des activations corticales en lecture passive de mots isolés chez les adultes dyslexiques et normo-lecteurs via la technique de la MEG, Salmelin et collègues (1996) rapportent différents patterns d'activation entre les deux populations dès les premières 200 ms suivant la présentation du stimulus. Tandis que les normo-lecteurs montraient une activation du cortex temporo-occipital inférieur gauche spécifiquement associé au traitement de chaînes de lettres (Paulesu et al., 2014; Richlan, 2012) dès 180 ms, cette région ne montrait aucune activation chez les participants dyslexiques. Entre 200 et 400 ms, les normo-lecteurs montraient une forte activation au niveau du lobe temporal gauche – incluant l'aire de Wernicke – impliqué dans les traitements phonologiques (Flowers, 1993) tandis que les individus dyslexiques montraient une activation du lobe frontal inférieur gauche impliqué dans les traitements articulatoires des sons de la parole (Richlan et al., 2011). Les auteurs interprètent ce pattern de résultats (i.e., l'absence d'activation dans les régions des cortex temporo-occipital inférieur gauche et temporal gauche) comme le reflet de déficits des traitements orthographiques et phonologiques chez les individus dyslexiques. Par ailleurs, l'observation d'une activation relativement précoce du cortex frontal inférieur gauche chez les individus dyslexiques uniquement a été interprétée comme pouvant refléter un mécanisme de compensation des déficits des représentations orthographiques et phonologiques via le recours à des processus de nature *top-down* plutôt que *bottom-up* (Salmelin et al., 1996). Ces résultats ont notamment été répliqués par Helenius et collègues (1999), ce qui suggère

fortement un déficit des traitements orthographiques précoces chez les participants dyslexiques, ainsi qu'un traitement des représentations phonologiques différent de celui des normo-lecteurs. Cette interprétation est également soutenue par des études plus récentes en EEG montrant un déficit des traitements orthographiques dès les stades précoces de l'identification du mot (i.e., composante N1) chez les individus dyslexiques. Ces déficits persisteraient lors du traitement du stimulus en mémoire (i.e., composantes N320 et P600) jusqu'au stade de la réponse (Araújo et al., 2015; Breznitz, 2006; Breznitz & Misra, 2003; Savill & Thierry, 2011b).

En effet chez les normo-lecteurs, la composante N1 a été interprétée comme reflétant le traitement des informations visuo-orthographiques (Coch & Mitra, 2010; Dien, 2009; Grainger & Holcomb, 2009a; Kast, Elmer, Jancke, & Meyer, 2010). Cette composante est par exemple modulée par le fait qu'une amorce soit orthographiquement reliée ou non à la cible (i.e., les mots-cibles orthographiquement reliés à l'amorce qui les précède montrent une composante N1 de plus grande amplitude que lorsqu'ils sont précédés par une amorce non orthographiquement reliée ; Savill & Thierry, 2011b) et par les propriétés orthotactiques des stimuli (i.e., une séquence orthographique illégale, e.g., *necltb*, élicite une composante N1 de plus grande amplitude qu'une séquence orthographique légale, e.g., *stoint* ; Araújo et al., 2015). Chez les dyslexiques adultes, la composante N1 n'est modulée par aucune de ces deux variables, ce qui a été interprété comme reflétant un déficit des traitements orthographiques précoces (Araújo et al., 2015; Savill & Thierry, 2011b). La composante N320 est notamment modulée par la prononçabilité d'une chaîne de lettres (i.e., une chaîne de lettres prononçable élicite une composante de plus grande amplitude qu'une chaîne de lettres non prononçable ; Araújo et al., 2015) et a été associée aux processus d'encodage phonologique (Bentin, Mouchetant-Rostaing, Giard, Echallier, & Pernier, 1999; Simon, Bernard, Largy, Lalonde, & Rebai, 2004). Chez les individus dyslexiques, cette composante n'est pas modulée par le fait qu'une chaîne de lettres donnée soit prononçable ou non, ce qui a été interprété comme reflétant un déficit de l'intégration des représentations phonologiques et leur maintien en mémoire de travail (Araújo et al., 2015). Enfin, la composante P600 a été associée à un processus de ré-analyse des stimuli (van de Meerendonk, Kolk, Vissers, & Chwilla, 2010; Vissers, Chwilla, & Kolk, 2006; Vissers, Kolk, van de Meerendonk, & Chwilla, 2008) et est notamment modulée par le degré d'association entre amorce et cible (i.e., moins l'amorce et la cible sont reliées, plus l'amplitude de la composante P600 est importante ; Savill & Thierry, 2011b). Chez les individus dyslexiques, la modulation de la composante P600 est

moins importante que chez les normo-lecteurs, ce qui a été interprété comme indexant des processus de ré-analyse moins efficaces par rapport aux normo-lecteurs (Savill & Thierry, 2011b).

Cependant, il semble important de noter que les effets induits par la manipulation des représentations phonologiques observés sur les composantes EEG précoces (i.e., N1, N2, P3) semblent similaires entre individus dyslexiques et normo-lecteurs (Araújo et al., 2015; Savill & Thierry, 2011b). En comparant le traitement de mots réels à celui de pseudohomophones, Araújo et collègues (2015) observent que l'amplitude de la composante N1 est plus importante lors du traitement de pseudohomophones que lors de celui de mots chez les deux populations. De manière similaire, Savill et Thierry (2011b) observent un effet d'amorçage phonologique comparable chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs sur l'amplitude des composantes N2 et P3 : les mots-cibles dont l'amorce était phonologiquement reliée élicitaient une composante N2 de moins grande amplitude et une composante P3 de plus grande amplitude que les mots-cibles dont l'amorce n'était pas phonologiquement reliée. Les deux groupes d'auteurs interprètent ce résultat comme suggérant que le déficit des traitements phonologiques observé chez les individus dyslexiques ne concerne pas l'accès précoce aux représentations phonologiques elles-mêmes mais les stades de traitements phonologiques plus tardifs et le maintien de ces représentations en mémoire (Araújo et al., 2015).

Certaines études en mouvements oculaires rapportent des résultats allant également dans ce sens (Jones, Ashby, & Branigan, 2013; Jones, Obregón, Kelly, & Branigan, 2008; Pan et al., 2013). Par exemple Jones et collègues (2008) ont présenté des étudiants dyslexiques et normo-lecteurs à une tâche de dénomination sérielle rapide de lettres dans laquelle les relations phonologiques et visuelles des lettres adjacentes étaient manipulées. Bien que les individus dyslexiques exhibaient des temps de dénomination plus longs que les normo-lecteurs quelle que soit la condition, ce déficit de dénomination était davantage prononcé lorsque les lettres adjacentes étaient phonologiquement (e.g., b-v) ou visuellement (e.g. b-q) proches. Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant la présence d'un déficit *extra-phonologique* lié au traitement visuel des lettres et précédant l'accès aux représentations phonologiques chez les individus dyslexiques (Jones et al., 2008). De manière similaire, utilisant un paradigme de frontière leur permettant de manipuler l'information disponible en vision parafovéale, Jones et collègues (2013) montrent que les performances des individus dyslexiques sont davantage affectées lorsque la lettre disponible

en vision parafovéale est visuellement proche de la lettre disponible en vision fovéale que lorsque les deux lettres sont phonologiquement proches. Les auteurs en concluent que les individus dyslexiques auraient des difficultés à sélectionner les représentations orthographiques appropriées sur la base de l'information perçue de manière parafovéale (Jones et al., 2013).

Enfin, concernant l'activation des représentations sémantiques, une étude récente en EEG suggère que les compétences sémantiques des individus dyslexiques seraient préservées (Araújo, Faisca, Reis, Marques, & Petersson, 2016). Dans cette étude, les auteurs utilisent un paradigme d'amorçage et présentent les participants à une tâche de dénomination d'objets dans laquelle les relations visuelles et sémantiques entre amorce et cible ont été manipulées. L'effet d'amorçage a été étudié à travers trois fenêtres temporelles : 1) la composante N/P190 reflétant les traitements perceptifs précoces, 2) la composante N300 reflétant les stades de traitement visuel plus tardifs, et 3) la composante N400 qui est reliée aux traitements sémantiques. Les individus dyslexiques montraient un effet de facilitation réduit par rapport aux normo-lecteurs au niveau des composantes N/P190 et N300 lors de la présentation d'images amorce et cible visuellement reliées. Ce pattern de résultats a été interprété comme reflétant un déficit de bas niveau lié au maintien des représentations de la forme visuelle des stimuli. En revanche, les résultats de cette étude montrent un effet de facilitation sémantique similaire dans les deux populations. L'amplitude de la composante N400 était réduite lorsque l'image cible était précédée par une image amorce sémantiquement reliée par rapport à une amorce non reliée sémantiquement. Les auteurs en concluent que les faibles performances des individus dyslexiques en tâche de dénomination ne sont pas dues à un déficit des représentations sémantiques (Araújo et al., 2016).

2.2. La régularité des règles de conversion grapho-phonémiques et la consistance phonologique en lecture de mots isolés

Les notions de régularité et de consistance renvoient à des approches théoriques différentes. La notion de régularité est principalement basée sur les hypothèses faites par le modèle à double voie tandis que la notion de consistance renvoie aux hypothèses formulées par l'approche connexionniste (Jared, 2002).

Le modèle à double voie (Coltheart, 1978, 2006, Coltheart et al., 1993, 2001; Finkbeiner et al., 2014; Pritchard et al., 2018, 2012) présuppose que les connaissances à propos de la prononciation des mots sont représentées par un ensemble de règles de

correspondances grapho-phonémiques. Ces règles impliquent qu'un graphème donné sera appréhendé comme correspondant à un phonème particulier. Dans ce cadre, les mots réguliers peuvent être lus à la fois via l'application de la procédure de décodage et de la procédure orthographique, tandis que les mots contenant des graphèmes irréguliers (i.e., ne correspondant pas à la prononciation définie par les règles de correspondance grapho-phonémiques) peuvent uniquement être lus via l'application de la procédure orthographique (i.e., la mise en correspondance de la forme orthographique avec l'unité lexicale correspondant). Les mots inconsistants n'étant pas forcément irréguliers, ce modèle postule que la consistance phonologique des mots n'affectera que les mots lus via la procédure orthographique (Coltheart et al., 1993).

En revanche, le modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 1999, 2004; Plaut, 1999; Seidenberg, 2005, 2007; Seidenberg & McClelland, 1989) présuppose que les connaissances à propos de la prononciation des mots sont représentées par le poids des connexions entre unités orthographiques et phonologiques. Le poids de ces connexions est acquis au cours de l'exercice de la lecture à partir de l'extraction de régularités statistiques. Par ailleurs, parce que ce modèle ne postule pas l'existence d'une entrée lexicale particulière pour chaque mot et parce que les mêmes ensembles d'unités et de connexions sont utilisées pour le traitement de tous les mots, la prononciation d'un mot sera influencée par les connaissances de l'individu à propos de la prononciation des mots orthographiquement similaires.

Dans les études qui manipulent la régularité des règles de conversion grapho-phonémiques, les mots réguliers sont ceux pour lesquels chaque graphème est associé à sa prononciation la plus fréquente (Jared, 2002; Venezky, 1970). En revanche, la notion de consistance phonologique prend non seulement en compte la fréquence de la prononciation des graphèmes, mais également la fréquence des mots dans lesquels ils sont inclus (Andrews, 1982). De plus, la notion de régularité est définie en référence à la prononciation d'un graphème donné tandis que la notion de consistance prend en compte le nombre de prononciations d'une chaîne de lettre. Par exemple, le graphème « G » ne se prononce pas de la même manière dans les mots *bague* et *bouge* et est donc considéré comme irrégulier selon les règles de conversion grapho-phonémiques ; tandis que les rimes écrites *-ague* et *-ouge* ne peuvent se prononcer que d'une seule manière en français et sont donc considérées comme phonologiquement consistantes.

Chez les normo-lecteurs, des études montrent une plus forte influence de la consistance phonologique des rimes que de la régularité des règles de conversion grapho-phonémiques (Cortese & Simpson, 2000; Jared, 1997; Kay & Bishop, 1987; Woollams et al., 2016). Par ailleurs, certains auteurs suggèrent qu'étant donné que la plupart des mots irréguliers sont également inconsistants, les effets de régularité pourraient être en partie dus à des effets de consistance (Jared, 2002). En revanche, la plupart des mots utilisés dans les études manipulant la consistance phonologique des mots respectent la régularité des règles de conversion grapho-phonémique (Cortese & Simpson, 2000; Jared, 2002; Kay & Bishop, 1987). Sur la base de ces observations, Jared (2002) affirme que l'effet de consistance serait plus robuste que l'effet de régularité.

Chez les individus dyslexiques, relativement peu d'études se sont intéressées à l'influence de la consistance phonologique sur la reconnaissance des mots (Bosman, Vonk, & van Zwam, 2006; Davies & Weekes, 2005), et à notre connaissance, une seule étude a examiné cette question chez les dyslexiques adultes (Kunert & Scheepers, 2014). Dans cette étude, les auteurs utilisent la technique des mouvements oculaires alliée à une version adaptée de la tâche de décision lexicale impliquant un choix forcé entre deux alternatives. Dans cette tâche, la consistance phonologique de la rime des mots était manipulée. Plus précisément, deux stimuli étaient présentés simultanément à l'écran pour une durée de 3 secondes : un mot réel (la cible) et un non-mot de même longueur (le distracteur). La tâche des participants était de regarder le stimulus qu'ils pensaient être le mot réel tout en ignorant le distracteur autant que possible (les deux stimuli restaient affichés à l'écran durant 3 secondes, quel que soit le temps d'identification). Trois types de distracteurs ont été utilisés : des non-mots non prononçable (e.g., *necltb*), des pseudomots (ou non-mots prononçables ; e.g., *stoint*), ou des pseudohomophones (e.g., *goche*). Les auteurs ont utilisé un tel paradigme afin d'éviter l'effet de compromis entre rapidité et précision (en anglais, *speed-accuracy trade-off*) induit par le paradigme classique des tâches de décision lexicale. Tous les stimuli étaient présentés pour une durée fixe de 3 secondes indépendamment du temps mis par le participant pour identifier le mot-cible. Ce temps de présentation est assez long pour permettre aux deux groupes de participants d'identifier le mot réel et enlève donc le facteur de la pression temporelle. Chez les participants dyslexiques, ce paradigme permet aux auteurs de faire la distinction entre un déficit général de vitesse de traitement des mots et un déficit des représentations phonologiques et orthographiques. Les résultats montrent que les participants dyslexiques étaient globalement plus lents que les normo-lecteurs,

quelque soit le degré de consistance des mots présentés. Par ailleurs, les deux groupes de participants étaient plus lents à reconnaître les mots inconsistants que les mots consistants, tandis que seul le groupe de participants dyslexiques montrait un effet de consistance au niveau du taux de bonnes réponses (i.e., plus d'erreurs pour les mots inconsistants que pour les mots consistants). Les auteurs en concluent que les individus dyslexiques souffrent à la fois d'un déficit des traitements phonologiques et d'un déficit plus général de rapidité de traitement.

3. En résumé...

Les études ayant examiné le décours temporel de l'activation des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques chez le lecteur expert rapportent une influence précoce et systématique des représentations phonologiques. Au niveau comportemental, cette question a principalement été examinée via les paradigmes d'amorçage. L'influence des représentations phonologiques a été observée à des temps d'exposition de l'amorce très courts (i.e., à partir de 40 ms), immédiatement après l'influence de l'amorçage orthographique (i.e., 33 ms). L'influence de l'amorçage sémantique est en revanche plus tardif (i.e., 50 ms). Les études menées en MEG et en EEG corroborent ces observations : le traitement d'un mot écrit est d'abord influencé par les traitements orthographiques, puis par les représentations phonologiques, et enfin par les représentations sémantiques.

Bien qu'il existe de nombreuses preuves empiriques d'une activation automatique et irréprensible des représentations phonologiques en tâche de lecture chez les individus normo-lecteurs, cette hypothèse est aujourd'hui encore controversée. En modalité écrite, le fait que l'orthographe d'un mot puisse avoir plusieurs prononciations ou non renvoie à la notion de consistance phonologique. En tâche de dénomination, de nombreuses études montrent que, chez les normo-lecteurs, la consistance phonologique des mots influence la vitesse à laquelle ce mot est prononcé. En tâche de décision lexicale par contre, les résultats sont davantage contradictoires : certaines recherches rapportent un effet de consistance phonologique sur les temps de réaction tandis que d'autres études ne répliquent pas ce résultat. Plusieurs études en neuro-imagerie ont également examiné cette question via des tâches de dénomination et rapportent une activation plus importante lors du traitement de mots inconsistants que lors de celui de mots consistants dans différentes régions cérébrales, ce qui a été interprété comme le reflet d'une augmentation des ressources neuronales

allouées à l'appariement des formes orthographique et phonologique du mot. Par ailleurs, d'autres études suggèrent que le recours aux différents types de connexions (i.e., orthographe-sémantique vs. orthographe-phonologie) serait modulé par les capacités des participants : les individus ayant de meilleures capacités phonologiques s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie tandis que les participants ayant de meilleures capacités sémantiques s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique. Ces différences interindividuelles pourraient au moins en partie expliquer la disparité des résultats rapportés dans la littérature en tâche de décision lexicale. Quoiqu'il en soit, les études examinant cette question ont principalement utilisé deux types de mesures : les mesures BOLD obtenues via la technique de l'IRMf ; et les mesures comportementales telles que la latence de dénomination, les temps de réaction, ou le taux de réponses correctes. La technique de l'IRMf est une technique de neuro-imagerie permettant de localiser les régions cérébrales dont le degré d'activation est modulé par les effets de consistance phonologique. Cependant, cette technique ne donne aucun renseignement sur la question du déroulement temporel des divers types de représentation. De même, les mesures comportementales représentent la somme de différents types de traitements et ne renseignent pas non plus sur le déroulement temporel de l'influence de la consistance phonologique.

Chez les individus dyslexiques, certaines études ayant examiné le déroulement temporel des diverses représentations liées à la reconnaissance visuelle des mots suggèrent que le déficit des traitements phonologiques typiquement observé chez cette population n'affecterait pas les stades de traitement phonologique les plus précoces mais le maintien en mémoire des représentations phonologiques. En effet, en ce qui concerne l'influence des représentations phonologiques, les différences observées entre normo-lecteurs et dyslexiques n'apparaissent qu'à partir d'environ 350 ms. En revanche, les dyslexiques semblent montrer un déficit des traitements orthographiques dès 100 ms après le début du stimulus. Toutefois, les compétences sémantiques des adultes dyslexiques semblent préservées.

Par ailleurs, la plupart des études ayant examiné l'influence de la phonologie sur la lecture de mots chez cette population ont manipulé les règles de conversion grapho-phonémiques. La seule étude à avoir examiné cette influence chez les adultes dyslexiques via la manipulation de la consistance phonologique rapporte à la fois un déficit des traitements phonologiques (i.e., les individus dyslexiques étaient affectés par la consistance

des mots à la fois sur les temps de réaction et sur le taux de bonnes réponses, tandis que chez les normo-lecteurs seuls les temps de réaction étaient influencés), et un déficit plus général de rapidité de traitement (i.e., les individus dyslexiques étaient globalement plus lents que les normo-lecteurs).

Résumé des objectifs

L'objectif de cette thèse est d'examiner les interactions entre représentations orthographiques et phonologiques lors du traitement du langage chez les adultes normo-lecteurs et dyslexiques de niveau universitaire. Cette question a été adressée à la fois en modalité orale et en modalité écrite. Dans chacune des deux modalités, nous avons examiné ces interactions lors de la reconnaissance de mots isolés (i.e., tâches de décision lexicale) et lors du traitement de phrases (i.e., tâches de compréhension de phrases). Un résumé schématisé des objectifs est disponible en fin de section.

En modalité orale, notre objectif est d'étudier l'impact des représentations orthographiques sur le traitement des mots parlés. De nombreuses études montrent que l'apprentissage d'un système d'écriture influence les capacités de l'individu à percevoir, catégoriser, et maintenir en mémoire l'information phonologique (Petersson, Reis, & Ingvar, 2001). Dans une première expérience (Chapitre 5), nous avons examiné si les connaissances orthographiques influencent le traitement de mots parlés ainsi que le décours temporel de cette influence à l'aide de l'enregistrement de l'activité EEG des participants tandis qu'ils effectuaient une tâche de décision lexicale dans laquelle nous avons manipulé la consistance orthographique des mots-cibles. L'enregistrement de l'activité EEG permet d'examiner avec précision le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques. Cette expérience permet de répondre aux trois principaux objectifs :

- 1) Chez les normo-lecteurs, tenter de répliquer les résultats (peu nombreux) rapportés dans la littérature. Selon les résultats rapportés dans la littérature, les mots orthographiquement inconsistants devraient éliciter une onde négative de plus grande amplitude que les mots consistants entre 300 et 400 ms après le début du mot.
- 2) Évaluer l'influence des connaissances orthographiques lors du traitement auditif de mots isolés chez les individus dyslexiques manifestant des déficits des traitements phonologiques et orthographiques. La seule étude ayant examiné cette question au niveau comportemental via la manipulation de la consistance orthographique rapporte que l'influence de la consistance orthographique n'est pas modulée par le diagnostic de dyslexie. Nous pouvons donc nous attendre à observer cette influence au niveau des PE.
- 3) Identifier les possibles différences entre dyslexiques et normo-lecteurs de la contribution des représentations orthographiques lors de la reconnaissance des mots

parlés. Étant donné les déficits des traitements orthographiques et phonologiques manifestés par les individus dyslexiques, l'effet de consistance orthographique observé en PE pourrait être moins important et/ou retardé par rapport aux normo-lecteurs.

Dans une seconde expérience (Chapitre 6), nous avons voulu examiner l'influence des représentations orthographiques sur le traitement des mots parlés dans un contexte plus écologique de traitement du langage. La plupart des études ayant examiné cette question ont employé des paradigmes expérimentaux impliquant le traitement de mots présentés en isolation. Cependant, en situation plus naturelle de traitement du langage, les locuteurs sont davantage confrontés à la compréhension de phrase qu'à celle de mots isolés. Afin d'étudier l'effet de consistance orthographique dans une situation se rapprochant davantage des conditions naturelles de traitement du langage, nous avons proposé aux participants une tâche de compréhension de phrases orales dans lesquelles nous avons inséré les mêmes mots-cibles que ceux employés lors de la tâche de décision lexicale auditive présentée dans le Chapitre 5. De plus, afin d'examiner la façon dont le contexte sémantique peut moduler la contribution des représentations orthographiques, nous avons manipulé le contexte sémantique précédant le mot-cible de sorte à le rendre prédictible, neutre (i.e., cohérent dans la phrase mais non-prédictible), ou incohérent. Les participants avaient pour consigne d'écouter les phrases présentées dans le but de les comprendre tandis que nous avons enregistré leur activité EEG. La manipulation du contexte sémantique nous permet d'examiner si la contribution des représentations orthographiques peut être modulée par le contexte sémantique. Plus précisément, nous examinerons :

- 1) De manière générale, pour chacune des deux populations, la façon dont le traitement d'un mot-cible est modulé par la prédictibilité du contexte, indépendamment du degré de consistance orthographique. Selon les résultats rapportés dans la littérature, l'influence de la prédictibilité du contexte devrait être observée aux alentours de 400 ms.
- 2) L'impact de la prédictibilité du contexte phrastique sur l'influence et l'activation des représentations orthographiques :
 - a. En contexte prédictif, si le contexte permet la pré-activation (complète ou partielle) des représentations orthographiques associées au mot-cible, l'influence de ces représentations devrait être plus précoce qu'en contexte neutre. Si au contraire l'influence des représentations orthographiques est tardive et n'intervient que lorsqu'il est nécessaire de désambigüiser et/ou stabiliser les

- représentations phonologiques de l'input, cette influence devrait être moins importante qu'en contexte neutre.
- b. En contexte incohérent, si en compréhension de phrases les représentations orthographiques n'influencent le traitement d'un mot parlé que lorsqu'elles ont pu être pré-activées grâce au contexte, cette activation devrait être rendue plus difficile et l'influence des représentations orthographiques devrait être retardée (ou inexistante) par rapport au contexte neutre. Si au contraire l'influence des représentations orthographiques est tardive et intervient lors de la désambiguïsation et/ou la stabilisation des représentations phonologiques liées à l'input, cette influence devrait être plus importante qu'en contexte neutre.
- 3) Par ailleurs, chez les individus dyslexiques, l'automatisme des liens entre orthographe et phonologie est déficitaire. En contexte neutre, l'influence des représentations orthographiques lors du traitement de la parole pourrait donc être plus tardive que chez les normo-lecteurs. De plus, plusieurs études en modalité écrite suggèrent que les individus dyslexiques seraient plus influencés par le contexte sémantique que les normo-lecteurs. Si cette observation est généralisable au traitement du langage oral, l'influence des représentations orthographiques pourrait être modulée par le contexte sémantique de manière plus importante que chez les normo-lecteurs.
- a. Si les individus dyslexiques s'appuient de manière plus importante sur le contexte sémantique afin de pré-activer les différentes représentations associées aux mots à venir et ainsi faciliter leurs traitements, en contexte prédictif l'influence des représentations orthographiques sur le traitement du mot-cible pourrait être aussi précoce et/ou plus important que chez les normo-lecteurs.
 - b. En revanche en contexte incohérent, si les individus dyslexiques sont davantage affectés que les normo-lecteurs par l'incohérence du mot-cible, la reconnaissance du mot-cible et l'influence des diverses représentations qui y sont liées pourraient être particulièrement affectée par l'incohérence du mot-cible. L'influence des représentations orthographiques pourrait donc être plus tardive et/ou plus importante que chez les normo-lecteurs.

En modalité écrite, notre objectif est de mesurer la contribution des représentations phonologiques lors de la lecture. Un système d'écriture étant une retranscription de la langue orale, de nombreuses études rapportent une activation précoce des représentations phonologiques chez l'individu normo-lecteur (Pattamadilok et al., 2017;

Wheat et al., 2010). Dans une troisième expérience (Chapitre 7), nous avons étudié si les représentations phonologiques influencent la reconnaissance visuelle de mots-cibles ainsi que le décours temporel de cette influence en lecture silencieuse via la manipulation de la consistance phonologique des mots-cibles. Dans cette expérience, les participants ont effectué une tâche de décision lexicale visuelle tandis que nous enregistrions leurs mouvements oculaires. Ceci nous permet d'étudier trois questions principales :

- 1) Chez les normo-lecteurs, examiner de manière précise le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques en reconnaissance de mots isolés. Selon la littérature, cette l'influence des représentations phonologiques pourrait être observée sur les mesures précoces de traitement (i.e., durée de la première fixation).
- 2) Évaluer l'influence des représentations phonologiques lors du traitement visuel de mots isolés chez les individus dyslexiques manifestant des déficits des traitements phonologiques et orthographiques. Étant donné ces déficits, les représentations phonologiques pourraient n'influencer que les stades tardifs de la reconnaissance des mots (i.e., durée de la seconde fixation et/ou *gaze duration*).
- 3) Identifier les possibles différences entre dyslexiques et normo-lecteurs de la contribution des représentations phonologiques lors de la reconnaissance des mots écrits. Certaines études suggèrent que les individus dyslexiques auraient davantage recours à la procédure de décodage que les normo-lecteurs. Par conséquent, l'effet de consistance phonologique pourrait être plus important chez cette population que chez les normo-lecteurs.

L'un des principaux avantages de la technique d'enregistrement des mouvements oculaires pendant la lecture est son aspect écologique, notamment en lecture de phrases ou de textes. En effet, bien que la technique de l'EEG permette également d'examiner de manière précise le décours temporel des différentes activations liées au traitement d'un stimulus, les contraintes relatives à l'analyse de l'activité EEG ne permettent pas de présenter tous les mots d'une phrase de manière simultanée sans introduire d'artefacts liés aux mouvements oculaires. La technique de l'enregistrement des mouvements oculaires permet en revanche d'étudier ces différentes activations dans un contexte relativement écologique de lecture. Bien que cette considération puisse paraître peu pertinente dans le cadre d'une tâche de décision lexicale, l'un des objectifs de cette tâche est d'examiner l'influence des représentations phonologiques en lecture de mots isolés (Chapitre 7) et en

lecture de phrases (Chapitre 8) en utilisant les mêmes mesures dans les deux situations. Nous avons donc choisi d'utiliser la même technique lors de ces deux expériences.

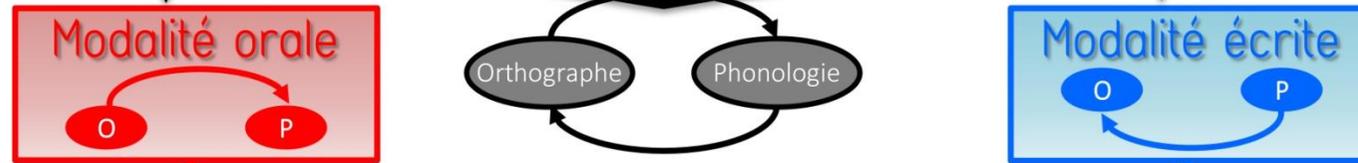
Lors d'une quatrième expérience (Chapitre 8), nous avons examiné la contribution des représentations phonologiques en lecture de phrases et la façon dont cette contribution pouvait être modulée par le contexte sémantique. De la même manière qu'en modalité auditive, les mots-cibles utilisés lors de la tâche de décision lexicale visuelle présentée dans le Chapitre 7 ont été repris et insérés dans des phrases dont le contexte sémantique a été manipulé de sorte à rendre le mot-cible prédictible, neutre, ou incohérent. La manipulation du contexte sémantique nous permet d'examiner si la contribution des représentations phonologiques peut être modulée par le contexte sémantique. Plus précisément, nous examinerons :

- 1) De manière générale, pour chacune des deux populations, la façon dont le traitement d'un mot-cible est modulé par le contexte sémantique, indépendamment de son degré de consistance phonologique. Selon les résultats précédemment rapportés dans la littérature, le traitement d'un mot prédictible devrait être facilité dès les premiers stades de traitement. En revanche, le traitement d'un mot-cible incohérent ne devrait être influencé que de manière post-lexicale.
- 2) L'impact de la prédictibilité de contexte sémantique sur l'influence et l'activation des représentations phonologiques :
 - a. En contexte prédictif, si le contexte sémantique permet la pré-activation (complète ou partielle) des représentations phonologiques associées au mot-cible, l'influence de ces représentations devrait être plus précoce qu'en contexte neutre. Si au contraire l'activation des représentations phonologiques est tardive et n'intervient que lorsqu'il est nécessaire de désambigüiser et/ou renforcer la stabilité des représentations orthographiques de l'input, l'influence de ces représentations devrait être moins importante qu'en contexte neutre.
 - b. En contexte incohérent, si en lecture de phrases les représentations phonologiques n'influencent le traitement d'un mot écrit que lorsqu'elles ont pu être pré-activées grâce au contexte, cette activation devrait être rendue plus difficile et l'influence des représentations phonologiques devrait être retardée (ou inexistante) par rapport au contexte neutre. Si au contraire l'activation des représentations phonologiques est tardive et intervient lors de la désambigüisation et/ou la stabilisation des représentations orthographiques liées

à l'input, l'influence de ces représentations devrait être plus importante qu'en contexte neutre.

- 3) Par ailleurs, chez les individus dyslexiques, l'automatisme des liens entre orthographe et phonologie est déficitaire. En contexte neutre, l'activation des représentations phonologiques pourrait donc être plus tardive que chez les normo-lecteurs. De plus, plusieurs études suggèrent que les individus dyslexiques seraient plus influencés par le contexte sémantique que les normo-lecteurs. L'influence des représentations phonologiques pourrait donc être modulée par le contexte sémantique de manière plus importante que chez les normo-lecteurs.
 - a. Si les individus dyslexiques s'appuient de manière plus importante sur le contexte sémantique afin de pré-activer les différentes représentations associées aux mots à venir et ainsi faciliter leurs traitements, en contexte prédictif l'influence des représentations phonologiques sur le traitement du mot-cible pourrait être aussi précoce et/ou plus important que chez les normo-lecteurs.
 - b. En revanche en contexte incohérent, si les individus dyslexiques sont davantage affectés que les normo-lecteurs par l'incohérence du mot-cible, la reconnaissance du mot-cible et l'influence des diverses représentations qui y sont associées pourrait être particulièrement affectée par l'incohérence du mot-cible. Par conséquent, l'influence des représentations phonologiques pourrait être plus tardive et/ou plus importante que chez les normo-lecteurs.

Examiner les interactions entre représentations orthographiques et phonologiques lors du traitement du langage chez les adultes dyslexiques et normo-lecteurs



Chez les normo-lecteurs, bien que de nombreuses études suggèrent que les représentations orthographiques et phonologiques sont fortement liées et interagissent tant lors de la lecture que lors du traitement de la parole, le décours temporel et la nature de ces interactions sont encore largement débattus, particulièrement lors du traitement de phrases.

Les individus dyslexiques se caractérisent par un déficit des traitements phonologiques et orthographiques, troubles qui se stabilisent à l'âge adulte. Ceci rend particulièrement intéressante l'étude des interactions entre les représentations orthographiques et phonologiques lors du traitement du langage chez cette population.



EXP 1
Reconnaissance de mots isolés
Manipulation de la consistance orthographique

EXP 2
Compréhension de phrases
Manipulation de la consistance et du contexte sémantique

EXP 3
Reconnaissance de mots isolés
Manipulation de la consistance phonologique

EXP 4
Compréhension de phrases
Manipulation de la consistance et du contexte sémantique

PRINCIPAUX OBJECTIFS

- Chez les normo-lecteurs, tenter de répliquer les résultats reportés dans la littérature
- Chez les individus dyslexiques, évaluer l'influence des connaissances orthographiques lors du traitement de mots isolés
- Identifier les possibles différences entre dyslexiques et normo-lecteurs de la contribution des représentations orthographiques

- Pour chacune des deux populations, examiner la façon dont le traitement du mot-cible est modulé par la prédictibilité du contexte sémantique
- Chez les normo-lecteurs, examiner l'impact de la présence de contexte sur l'influence et l'activation des représentations orthographiques
- Chez les individus dyslexiques, examiner si l'activation des représentations orthographiques lors du traitement de la parole est différente de ce qui est observé chez normo-lecteurs, et si le contexte sémantique module l'activation des représentations orthographiques de manière différente dans les deux populations

- Chez les normo-lecteurs, examiner de manière précise le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques en reconnaissance de mots isolés
- Chez les individus dyslexiques, évaluer l'influence des représentations phonologiques lors du traitement de mots isolés
- Identifier les possibles différences entre dyslexiques et normo-lecteurs de la contribution des représentations phonologiques

- Pour chacune des deux populations, examiner la façon dont le traitement du mot-cible est modulé par la prédictibilité du contexte sémantique
- Chez les normo-lecteurs, examiner l'impact de la présence de contexte sur l'influence et l'activation des représentations phonologiques
- Chez les individus dyslexiques, examiner si l'activation des représentations phonologiques lors de la lecture est différente de ce qui est observé chez normo-lecteurs, et si le contexte sémantique module l'activation des représentations phonologiques de manière différente dans les deux populations

PARTIE 2.

Études expérimentales

CHAPITRE 5.

L'influence des représentations orthographiques sur le traitement de mots parlés

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons d'examiner l'influence des représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés chez les adultes dyslexiques et normo-lecteurs engagés dans un cursus universitaire.

1.1. Cadre théorique

Bien que de nombreuses études montrent que l'apprentissage d'un système d'écriture modifie profondément la façon dont le cerveau analyse, catégorise, et mémorise la parole (Alario et al., 2016; Dehaene et al., 2010, 2015; Hagoort, 2017; Huettig, Kolinsky, et al., 2018), les modèles théoriques spécifiquement dédiés au traitement du langage oral ne prennent pas en compte l'influence de l'orthographe sur le traitement des mots parlés. À l'heure actuelle, deux modèles sont particulièrement influents et souvent opposés dans la littérature : 1) le modèle de la Cohorte (Marslen-Wilson, 1987; Marslen-Wilson & Tyler, 1980; Marslen-Wilson & Welsh, 1978) qui postule que les premiers stades de la reconnaissance des mots parlés sont exclusivement basés sur des processus d'activation de nature *bottom-up* (i.e., l'information lexico-sémantique n'influence pas directement le traitement de l'information phonémique/phonologique), et 2) le modèle TRACE (McClelland & Elman, 1986; McClelland et al., 2014, 2006) qui postule l'influence de processus d'activation de nature *top-down* (i.e., l'information lexico-sémantique peut influencer le traitement de l'information phonémique/phonologique via des mécanismes de *feedback*).

Dans le cadre de l'étude de l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de la parole, ces deux types de modèles conduisent à différentes hypothèses concernant l'existence et le décours temporel de l'influence de ces représentations. Un modèle postulant que la reconnaissance d'un mot est principalement basée sur des processus d'activation de nature *bottom-up* conduit à la prédiction que les diverses représentations liées à ce mot (e.g., les représentations orthographiques) n'influenceront son traitement qu'après le stade d'accès au lexique. En revanche, un modèle interactif postulant

l'existence de processus d'activation de nature *top-down* conduit à la prédiction que le traitement d'un mot sera influencé par les divers types de représentations qui lui sont associées dès les stades de traitement pré-lexicaux jusqu'aux stades de traitement les plus tardifs.

D'après le modèle de la Cohorte, la reconnaissance des mots parlés est divisée en trois stades de traitement. Le traitement d'un mot parlé impliquerait 1) l'activation des différents candidats lexicaux correspondant au signal de parole entendu, 2) la sélection du candidat lexical correspondant le mieux à l'input, et 3) l'intégration sémantique et syntaxique de ce mot. Ce modèle postule notamment que les premiers stades de traitement du mot sont basés sur des processus d'activation de nature *bottom-up*. De nombreuses études examinant le traitement de mots isolés semblent confirmer les prédictions de ce modèle et notamment l'importance du point d'unicité phonologique (MacGregor et al., 2012; O'Rourke & Holcomb, 2002; Pulvermüller et al., 2005). En tâche de décision lexicale, plusieurs études montrent que le point d'unicité influence la latence des temps de réaction ainsi que le décours temporel de la composante N400 (O'Rourke & Holcomb, 2002). Ces résultats ont été interprétés comme indiquant que les mots ayant un point d'unicité plus précoce sont reconnus plus rapidement que ceux ayant un point d'unicité plus tardif.

Le modèle TRACE en revanche est un modèle dit à activation interactive (McClelland & Elman, 1986; McClelland et al., 2014, 2006). Ce modèle postule que le traitement de l'information est basé sur des activations excitatrices entre les niveaux (i.e., niveau des traits phonétiques, niveau des unités phonémiques, et niveau des unités lexicales) et inhibitrices au sein d'un même niveau. Tout au long du traitement, chaque unité est continuellement alimentée par ses connexions avec les autres unités, et continuellement à jour sont niveau d'activation sur la base de ces informations, et, si ce niveau d'activation atteint un certain seuil, envoie continuellement des signaux excitateurs ou inhibiteurs aux autres unités. De plus, ce modèle postule un alignement non exhaustif des unités qui constitue les mots parlés. Contrairement au modèle de la Cohorte, il n'accorde pas d'importance particulière aux unités de début de mot. Ce modèle est notamment appuyé par de nombreuses études en imagerie cérébrales qui suggèrent l'existence de connexions *feedback* provenant de hauts niveaux de traitement et influençant les traitements de plus bas niveau (McClelland et al., 2014; Sohoglu et al., 2012).

Cependant, aucun de ces deux modèles ne postule explicitement une influence des représentations orthographiques. En EEG, les études examinant l'influence des connaissances orthographiques sur le traitement de la parole montrent typiquement un effet de consistance orthographique aux alentours de 300-400 ms après le début du stimulus (Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008). Dans la plupart de ces tâches, les mots orthographiquement inconsistants élicitent une onde négative plus importante que les mots orthographiquement consistants (Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008), ce qui est interprété comme reflétant un traitement plus coûteux de l'information phonologique pour les mots orthographiquement inconsistants. De plus, l'effet de consistance orthographique observé au niveau des PE précède l'effet de fréquence lexical (Pattamadilok, Perre, et al., 2009), ce qui a été interprété comme indiquant que les représentations orthographiques contribuent à l'accès au lexique. Cependant, l'étude menée par Chen et collègues (2016) sur des locuteurs du chinois montrent l'effet inverse : une onde négative de plus grande amplitude pour les mots orthographiquement consistants que pour les mots orthographiquement inconsistants. Les mots orthographiquement consistants ayant tendance à avoir davantage de voisins orthographiques que les mots inconsistants, les auteurs interprètent ce résultat comme reflétant l'activation partielle des candidats lexicaux partageant la même orthographe que le mot-cible. Dans ce cadre, l'amplitude plus négative élicitée par les mots consistants refléterait un degré d'excitation neuronale plus important dû au nombre de candidats partiellement activés (Carrasco-Ortiz et al., 2017; Chen et al., 2016).

Chez les individus dyslexiques, seulement deux études (à notre connaissance) ont examiné l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de la parole dans des tâches ne nécessitant pas l'analyse explicite des unités phonologiques sous-lexicales. Ces deux études examinent cette question via des tâches de décision lexicale. L'une d'entre elles, effectuée chez les enfants, manipule le nombre de voisins orthographiques et phonologiques des mots (Ziegler & Muneaux, 2007) et suggère que l'influence des représentations orthographiques lors du traitement du langage oral est modulée par le niveau d'expertise en lecture. L'autre, effectuée chez une population d'étudiants universitaires, manipule la consistance orthographique des mots (Pattamadilok, Nelis, et al., 2014) et montre que ce facteur influence les temps de réaction des individus dyslexiques et

normo-lecteurs de manière similaire. Cependant, l'étude menée par Pattamadilok et collègues montrent que dans les deux populations la taille de l'effet de consistance était modulée par les habiletés liées à la lecture : les participants ayant de moins bonnes capacités de lecture exhibaient un effet de lexicalité moins important, indépendamment du diagnostic de dyslexie. Cependant, ces deux études ont examiné l'influence des représentations orthographiques via l'analyse des temps de réaction, ce qui ne permet pas d'analyser le décours temporel de l'activation de ces représentations.

Dans notre étude, les participants dyslexiques et normo-lecteurs ont effectué une tâche de décision lexicale auditive. Tout comme les études ayant précédemment examiné l'effet de consistance orthographique en reconnaissance de mots parlés (Chen et al., 2016; Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008), nous avons manipulé la consistance orthographique de la rime des mots présentés. En plus des marqueurs comportementaux (i.e., temps de réaction et taux d'erreurs), nous avons enregistré l'activité EEG de participants afin d'examiner le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs.

1.2. Les marqueurs EEG du traitement des mots parlés

De manière générale, l'amplitude d'un PE est interprétée comme reflétant la quantité de ressources neuronales recrutées : plus il y a de ressources neuronales recrutées, plus l'amplitude est importante (Wagner et al., 2016). Le temps de latence reflète quant à lui la rapidité de traitement : une latence plus courte est interprétée comme reflétant un traitement plus rapide des stimuli présentés par rapport aux conditions élicitant une latence plus longue (Hunter, 2013). Par ailleurs, des composantes EEG spécifiques ont été associées aux différents stades de traitements d'un mot (Dufour, Brunellière, & Frauenfelder, 2013). Dans les paragraphes suivants nous présenteront les composantes EEG liées à notre étude ainsi que les stades de traitements qui y sont associés.

Composante négative aux alentours de 300–400 ms

Le but de notre étude étant d'examiner l'influence des représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés, cette composante EEG nous intéresse particulièrement. Les études EEG ayant manipulé la consistance orthographique de mots présentés auditivement rapportent que ce facteur influence le traitement du mot aux alentours de 300-400 ms après son début, au moins lorsque la manipulation de la consistance

orthographique porte sur la première syllabe (Chen et al., 2016; Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008).

Les études menées sur des locuteurs de langues à système alphabétique montrent que dans cette fenêtre temporelle, les mots orthographiquement inconsistants induisent une onde plus négative que les mots orthographiquement consistants au niveau des électrodes fronto-centrales. Cet effet a été interprété comme reflétant un coût de traitement plus important pour les mots inconsistants par rapport aux mots consistants et a été répliqué en tâche de décision lexicale (Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008), de catégorisation sémantique (Pattamadilok, Perre, et al., 2009), et de détection de bruit (Perre et al., 2011). Cependant une étude utilisant une tâche de catégorisation sémantique menée sur des locuteurs du chinois montre un effet de consistance inverse : entre 300 et 400 ms, les mots consistants élicitaient une onde plus négative que les mots inconsistants. Dans cette étude, les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme reflétant l'activation partielle des voisins orthographiques du mot-cible (plus nombreux en condition consistante qu'en condition inconsistante). Selon cette hypothèse, l'amplitude de la N400 indexerait le degré d'excitation neuronale induit par le mot-cible.

Quoiqu'il en soit de manière plus générale, l'influence des représentations orthographiques a été interprétée comme pouvant résulter de deux mécanismes distincts : 1) le résultat d'une activation en temps réel des représentations orthographiques (Taft, 2011), ou 2) d'une restructuration des représentations phonologiques induite par l'apprentissage d'un système d'écriture (Ziegler et al., 2008). Autrement dit, l'onde plus négative élicitée par les mots orthographiquement inconsistants par rapport aux mots orthographiquement consistants refléterait soit un effet de compétition entre différentes unités sous-lexicales (Perre, Midgley, et al., 2009), soit le degré de stabilité des représentations phonologiques (Montant et al., 2011; Pattamadilok et al., 2010; Perre, Pattamadilok, et al., 2009), ou encore les deux (Dehaene et al., 2010, 2015).

La composante N400

La composante N400 est une onde négative dont le pic d'intensité apparaît aux alentours de 400 ms après le début d'un stimulus et qui, à la surface du crâne, s'observe dans les régions centro-pariétales (Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Hillyard, 1984). Cette composante est observée en modalité orale et en modalité écrite et est interprétée de

manière similaire dans les deux modalités. De nombreuses études suggèrent que la composante N400 refléterait l'activation des représentations lexico-sémantiques (Hunter, 2016; Kutas & Federmeier, 2011; O'Rourke & Holcomb, 2002). Cette composante est modulée par de nombreux facteurs tels que l'intégration de l'information sémantique, ou la fréquence des mots (Kutas & Federmeier, 2011; Kutas & Hillyard, 1984; Van Petten, 2014). De manière générale, l'amplitude de la N400 refléterait la facilité d'accès aux représentations lexico-sémantiques : une N400 de plus grande amplitude est généralement associée à un traitement plus difficile du stimulus (Desroches, Newman, & Joanisse, 2009; Dufour et al., 2013).. Certaines études ont également proposé de découper cette composante en deux phases (Friedrich, Eulitz, & Lahiri, 2006; Helenius et al., 2009; Kocagoncu et al., 2016; O'Rourke & Holcomb, 2002) : une phase initiale qui refléterait l'accès aux représentations lexicales sur la base de l'activation parallèle des représentations lexico-phonologiques et sémantiques des candidats activés ; et une phase plus tardive qui refléterait davantage un stade de traitement plus post-lexical comme le stade de sélection lexicale, la suppression des candidats lexicaux inappropriés, ou encore, lors du traitement de pseudomots, une ré-analyse de l'input phonologique.

1.3. Hypothèses & prédictions

Dans cette étude, notre objectif est de mesurer l'influence et le décours temporel des représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés. Les participants ont effectué une tâche de décision lexicale auditive dans laquelle la consistance orthographique des mots-cibles a été manipulée. Pendant l'expérience, nous avons enregistré les temps de réaction, le taux de réponses correctes, ainsi que les réponses EEG des participants. Cette expérience nous permet d'examiner trois questions principales : 1) Chez les normo-lecteurs, quel est le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques en reconnaissance de mots isolés ? 2) Chez les individus dyslexiques de niveau universitaire qui manifestent des déficits des traitements phonologiques et orthographiques, quelle est l'influence des représentations orthographiques lors du traitement auditif de mots isolés ? Et 3) la contribution des représentations orthographiques en reconnaissance de mots parlés est-elle différente chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs ?

Sur la base des résultats rapportés dans la littérature, chez les normo-lecteurs nous nous attendons à ce que le traitement des mots soit influencé par les représentations orthographiques entre 300 et 400 ms. En revanche, certaines études montrent que le traitement de mots inconsistants élicite une onde négative de plus grande amplitude que

celui de mots consistants (Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008) tandis que d'autres montrent l'effet inverse (Chen et al., 2016). Le sens de l'effet de consistance obtenu en PE peut donc être attendu dans les deux sens.

Chez les individus dyslexiques, à notre connaissance, aucune étude n'a examiné l'influence de la consistance orthographique sur la reconnaissance des mots à l'aide de l'EEG. Au niveau comportemental, il a été montré que l'effet de consistance orthographique n'était pas modulé par le diagnostic de dyslexie (Pattamadilok, Nelis, et al., 2014). Cependant, l'analyse des temps de réaction ne permet pas d'examiner le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques. Dans notre étude, nous nous attendons à observer cette influence à la fois sur les réponses comportementales et sur les réponses EEG. Toutefois, étant donné que les individus dyslexiques manifestent des déficits des traitements orthographiques et phonologiques, l'influence de la consistance orthographique observée au niveau des PE pourrait être réduite et/ou retardée chez cette population par rapport aux normo-lecteurs.

2. Méthode

2.1. Participants

Trente dyslexiques et 30 normo-lecteurs (15 hommes, 15 femmes dans chaque groupe) ont été recrutés pour participer à cette étude. Aucun n'a rapporté de trouble neurologique ou psychiatrique. Tous étaient droitiers, de langue maternelle française, étudiants à Aix-Marseille Université, avaient une vision normale ou corrigée, et un indice de QI non-verbal normal (i.e., au-dessus du 75^{em} percentile ; Raven, Raven, & Court, 1998). Chaque participant dyslexique a rapporté des difficultés majeures lors de l'apprentissage de la lecture et a formellement été diagnostiqué comme dyslexique. Chacun d'eux a été apparié avec un participant normo-lecteur sur la base du genre, de l'âge chronologique, du niveau et du domaine d'éducation, et du QI non-verbal. Les moyennes de chaque groupe concernant ces critères d'appariement sont rapportés dans le Tableau 5.1.

Afin de confirmer les compétences en lecture et les capacités phonologiques des participants de chaque groupe, une série de prétests ont été administrés à chaque participant. Les compétences en lecture ont été évaluées à l'aide du *Test de L'Alouette* (Lefavrais, 1965) standardisé chez l'adulte (Cavalli et al., 2018), ainsi qu'à l'aide de tâches de

lecture de mots irréguliers et de pseudomots (à partir du logiciel EVALEC, Sprenger-Charolles, Colé, Béchennec, & Kipffer-Piquard, 2005). Les capacités phonologiques ont été évaluées via des tâches de conscience syllabique et phonémique, et de mémoire verbal à court-terme (également à partir du logiciel EVALEC). De plus, nous avons également évalué le niveau de vocabulaire de chaque participant (EVIP : Dunn, Theriault-Whalen, & Dunn, 1993, une adaptation française du *Peabody Picture Vocabulary test-revised*, Dunn & Dunn, 1981). Les caractéristiques de chaque groupe de participants sont rapportées dans le Tableau 5.1.

Tableau 5.1: Profile cognitif des individus dyslexiques et normo-lecteurs, écart-types entre parenthèses. Les scores d'efficacité ont été calculé pour chaque participant en multipliant les pourcentages de réponses correctes par la vitesse moyenne en millisecondes (i.e., taux de réponses correctes * (1/temps) ; Cavalli et al., 2018). Les valeurs *p* ont été calculées à partir de tests *t* de Student comparant les deux groupes de participants.

		Dyslexiques	Normo-lecteurs	Valeurs <i>t</i>	Valeurs <i>p</i>
Âge chronologique		21.6 (2.3)	21.3 (2.3)	0.356	.73
Années de scolarisation post-bac		1.8 (1.5)	1.9 (1.4)	-0.108	.92
Matrice de Raven (max = 58)		45.1 (6.1)	47.1 (5.5)	-1.041	.31
Prétests					
Score de vocabulaire (EVIP, max = 51)		39.8 (4)	40.4 (4.1)	-0.415	.68
Performance en lecture (Alouette)		332.6 (65.6)	483.6 (55.1)	-7.924	<.001
Lecture de mots irréguliers	Score d'efficacité	1.14 (0.2)	1.47 (0.3)	-5.038	<.001
	% réponses correctes	96.0 (5)	98.8 (2)	-1.841	.08
	Moyenne TRs (ms)	873 (147.9)	695 (141.7)	4.814	<.001
Lecture de pseudomots	Score d'efficacité	0.77 (0.2)	1.2 (0.3)	-5.816	<.001
	% réponses correctes	90 (7)	97 (3)	-5.047	<.001
	Moyenne TRs (ms)	1270 (473)	850 (206)	4.486	<.001
Conscience phonémique	Score d'efficacité	0.4 (0.1)	0.7 (0.1)	-9.466	<.001
	% réponses correctes	90 (9)	98 (6)	-3.344	<.005
	Somme TRs (sec)	28.6 (8.5)	16.8 (3.2)	7.379	<.001
Mémoire verbale à court-terme	Score d'efficacité	1.9 (0.7)	2.8 (0.5)	-5.818	<.001
	Empan	4.8 (0.8)	5.5 (0.7)	-3.76	<.001
	Somme TRs (sec)	64.8 (27)	48.9 (5)	2.735	<.05
Empan visuel	Monogrammes	29.53 (4.7)	33.14 (5.7)	-2.242	<.05
	Trigrammes	8.02 (4.8)	10.41 (1.6)	-2.133	<.05

2.2. Matériel

Cinquante-six mots monosyllabiques ont été sélectionnés à partir de la base de données *lexique.org* (New, Pallier, Ferrand, & Matos, 2001) et divisés en deux conditions : 28 mots orthographiquement consistant et 28 mots orthographiquement inconsistants (Ziegler, Jacobs, & Stone, 1996). La liste des stimuli sélectionnés est disponible en annexe (Annexe A).

Les mots consistants et inconsistants ont été sélectionnés par paires et appariés – au sein de chaque paires – en genre et en fréquence. Les deux mots de chaque paire commençaient par le même phonème. Comme illustré dans le tableau 5.2, en moyenne les mots consistants et inconsistants ont été appariés en termes de durée, fréquence, nombre de lettres et de phonèmes, nombre de voisins phonologiques et orthographiques, et point d'unicité phonologique et orthographique.

Tableau 5.2. : Caractéristiques des mots consistants et inconsistants, écart-types entre parenthèses.

	Mots consistants	Mots inconsistants	Valeurs de <i>t</i>	Valeurs de <i>p</i>
Durée moyenne (ms)	468 (73)	450 (118)	0.788	.44
Fréquence <i>token</i> des bigrammes (log)	3.69 (0.21)	3.75 (0.23)	-1.115	.28
Fréquence <i>type</i> des bigrammes (log)	4.20 (0.24)	4.27 (0.24)	-1.194	.24
Fréquence écrite (log)	1.20 (0.67)	1.29 (0.69)	-0.424	.68
Fréquence auditive (log)	1.35 (0.58)	1.46 (0.69)	-0.581	.57
Nombre de lettres	4.86 (0.71)	4.82 (0.82)	0.182	.86
Nombre de phonèmes	3.54 (0.58)	3.36 (0.56)	1.307	.20
Nombre de voisins orthographiques	7.82 (4.64)	5.93 (5.05)	1.610	.12
Nombre de voisins phonologiques	12.29 (7.35)	14.54 (8.98)	-1.405	.17
Point d'unicité orthographique	4.79 (0.74)	4.57 (0.96)	0.902	.36
Point d'unicité phonologique	3.50 (0.51)	3.29 (0.53)	1.652	.11

De plus, pour les besoins de la tâche, 56 pseudomots ont été créés (cf. Annexe A). Nous avons tenté d'apparier au maximum les mots et pseudomots utilisés. La plupart des pseudomots (41/56) ont été créés en mélangeant les attaques et rimes des mots précédemment sélectionnés. Pour les 5 stimuli restant (i.e., pour lesquels le mélange des attaques et rimes formaient un mot réel), des attaques différentes ont été sélectionnées et combinées avec les rimes des mots. Les mots et pseudomots ont été appariés en moyenne en termes de durée, fréquences *token* et *type* des bigrammes, nombre de lettres et de phonèmes, et point d'unicité ou de déviation (pour les mots ou les pseudomots respectivement). Les caractéristiques des conditions mot et pseudomot sont présentées dans le Tableau 5.3. Bien que la consistance orthographique des pseudomots ait été manipulée, nous nous sommes focalisées sur le traitement des mots. Nous avons fait ce choix car l'un des buts de notre étude était de pouvoir comparer les résultats avec ceux obtenus dans l'étude présentée dans le Chapitre 6 dans laquelle nous avons réutilisé les mêmes mots-cibles (mais pas les pseudomots) et les avons insérés dans des phrases.

Tableau 5.3 : Caractéristiques des mots et pseudomots, écart-types entre parenthèses.

	Mots	Pseudomots	Valeurs de <i>t</i>	Valeurs de <i>p</i>
Durée moyenne (ms)	459 (98)	434 (98)	1.213	.23
Fréquence <i>token</i> des bigrammes (log)	3.72 (0.22)	3.71 (0.23)	0.699	.49
Fréquence <i>type</i> des bigrammes (log)	4.24 (0.24)	4.15 (0.26)	1.800	.08
Nombre de phonèmes	3.45 (0.57)	3.55 (0.63)	-1.517	.14
Nombre de voisins phonologiques	13.41 (8.21)	11.12 (6.41)	2.123	.04
Point d'unicité/déviaton phonologique	3.39 (0.53)	3.39 (0.62)	0.000	1

Les stimuli ont été enregistrés en chambre sourde à un taux d'échantillonnage de 48 kHz, via un système de conversion analogique-numérique d'une résolution de 16 bits, à l'aide d'un micro AKG 1000S et prononcés par une locutrice native du français. L'intensité du signal acoustique a été standardisé, en moyenne, à 70 dB via le logiciel *Praat* (Boersma & Weenink, 2015).

2.3. Procédure

Les participants étaient confortablement installés en face d'un écran d'ordinateur, dans une chambre sourde munie d'une cage de faraday. Les stimuli étaient présentés de manière binaurale à un volume confortable (ajusté pour chaque participant) via des écouteurs intra-auriculaires. Les participants avaient pour consigne d'indiquer le plus rapidement et le plus précisément possible si le stimulus présenté était un mot réel du français ou un pseudomot en pressant le bouton correspondant du boîtier réponse situé en face d'eux. La manualité associée aux réponses mots et pseudomots a été contrebalancée à travers les participants. Pour chaque essai, une croix de fixation (+) était affichée au centre de l'écran tandis que le stimulus auditif était présenté et restait affichée jusqu'à la réponse du participant. Les participants avaient également pour consigne de limiter au maximum les clignements d'œil et leurs mouvements lorsque la croix de fixation était affichée à l'écran. L'intervalle inter-essais (écran blanc) était de durée variable et aléatoire (entre 950 et 1050 ms).

Les stimuli étaient divisés en deux blocs contenant chacun 28 mots (14 mots consistants et 14 mots inconsistants) et 28 pseudomots. A l'intérieur de chaque bloc, les stimuli étaient pseudo-randomisés de manière à ce que qu'une condition donnée n'apparaisse pas plus de trois fois consécutives. Pour chaque paire de participants (dyslexique et normo-lecteur apparié), une nouvelle pseudo-randomisation a été générée.

Deux essais factices (buffer) supplémentaires ont été ajoutés au début de chaque bloc (et non inclus dans les analyses) afin de s'assurer de l'attention du participant. L'expérience commençait par une session d'entraînement contenant 8 mots et 8 pseudomots pendant laquelle un feedback était donné aux participants. Une fois l'entraînement terminé, les participants ne recevaient plus de feedback.

De plus, afin de s'assurer que les participants connaissaient l'orthographe des mots présentés à l'oral, une tâche de dictée a été administrée en fin de passation (i.e., après la passation des 4 expériences présentées dans cette thèse). Pour chaque participant, les mots mal orthographiés lors de cette dictée ont été exclus des analyses (à la fois lors de l'analyse des données comportementales et lors de celle des données EEG).

2.4. Analyse des données comportementales

Les résultats de l'une des participantes dyslexiques ont été exclus des analyses sur la base des performances obtenues lors de la session de prétests (performances inférieures à la moyenne du groupe -2.5 écart-types pour les tâches de l'*Alouette*, de lecture de mots irréguliers, et de lecture de pseudomots). Par conséquent, les données de la participante normo-lectrice lui étant appariée ont également été exclues des analyses. De plus, dû à des taux d'erreurs particulièrement élevés, nous avons exclu des analyses l'un des mots consistants (i.e., *meute*, taux d'erreurs supérieur à 32%) ainsi que le mot inconsistant lui étant apparié (i.e., *menthe*). Les réponses incorrectes ainsi que les temps de réaction déviant de ± 2.5 écart-types de la moyenne (calculée pour chaque participant et chaque condition séparément) ont été exclus (2.4% des données). De plus, comme mentionné dans la section 2.3, les mots ayant été mal orthographiés lors de la tâche de dictée ont également été exclus des analyses (6.61% des mots chez les dyslexiques, 1.61% chez les normo-lecteurs). L'analyse des données comportementales a été effectuée à l'aide du logiciel R (Version 3.5.0) et du package *lme4* (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015). Les valeurs de *p* et les erreurs standards ont été déterminées à l'aide du package *lmerTest* (Kuznetsova, Brockhoff, & Christensen, 2017). De plus, puisque les analyses s'appuient sur un design factoriel, les contrastes et les effets principaux ont été évalués via la méthode des « moyennes marginales estimées » (Searle, Speed, & Milliken, 1980) à l'aide des packages *multcomp* (Hothorn, Bretz, & Westfall, 2008) et *emmeans* (Lenth, 2016). Cette méthode permet d'estimer les moyennes marginales prédites par un modèle donné pour différents types de contrastes tout en corrigeant les résultats pour les comparaisons multiples (i.e., ajustement de Tukey).

L'analyse statistique des temps de réaction a été réalisée à l'aide d'un modèle linéaire à effets mixtes (LME, *linear mixed-effect model* ; Baayen, 2008). L'analyse des taux de bonnes réponses a été effectuée réalisées à l'aide d'un modèle linéaire généralisé à effets mixtes (gLME, *generalized linear mixed-effect model*; Baayen, 2008). Afin de sélectionner le modèle s'ajustant le mieux aux données, nous avons ajouté comme covariables les variables relatives aux items présentées dans le Tableau 5.2. Les critères d'information Akaike et les tests de rapport de vraisemblance (i.e., *likelihood-ratio*) ont été utilisés afin de sélectionner le modèle (Matuschek, Kliegl, Vasishth, Baayen, & Bates, 2017; Zuur, Ieno, & Elphick, 2010). Les tests de rapport de vraisemblance ont été effectués via la fonction *anova()* du package *lme4*. Seules les covariables améliorant le modèle de manière significative ont été retenues et seuls les résultats issus de ces modèles sont présentés.

2.5. Analyse des données EEG

Enregistrement et prétraitement

Les données EEG ont été enregistrées de manière continue via 64 électrodes actives Ag/AgCl maintenues sur le cuir chevelu à l'aide d'un bonnet élastique (Electro-Cap International, Eaton, OH). Le montage d'électrodes incluait 10 électrodes placées sur la ligne médiane, et 27 électrodes sur chaque hémisphère (American Clinical Neurophysiology Society, 2006). Six électrodes exogènes supplémentaires ont été placées sur les mastoïdes droit et gauche, au-dessus et au-dessous de l'œil gauche (pour enregistrer les mouvements oculaires verticaux et les clignements), et à l'extérieur des canthi gauche et droit (pour enregistrer les mouvements oculaires horizontaux). Pendant l'enregistrement, la mastoïde gauche servait de référence. Les signaux bioélectriques ont été amplifiés à l'aide de l'amplificateur ActiveTwo Biosemi (filtre passe-bande DC-67 Hz, 3 dB/octave) et étaient échantillonnés de manière continue (échantillonnage 24 bit) à un taux de 2048 Hz tout au long de l'expérience. Le signal EEG a ensuite été sous-échantillonné à 512 Hz et filtré par passe-bande (0.4-40 Hz) de manière off-line à l'aide du logiciel EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004). Les signaux ont également été re-référencés à la moyenne des deux mastoïdes. Une analyse des composantes indépendantes (en anglais, *Independent Component Analysis*, ICA) a été appliquée afin d'isoler et corriger les mouvements oculaires à l'aide de l'algorithme infomax (Bell & Sejnowski, 1995) implémenté dans le logiciel EEGLAB. Afin d'éviter de supprimer l'activité liée à la tâche, nous avons opté pour une approche conservative lors de la suppression des composantes ICA : seules les composantes présentant des mouvements

oculaires ont été supprimées (ce qui correspondait généralement à la première ou seconde composante). Les électrodes bruitées ont été rejetées et interpolées via la procédure d'interpolation par *spline sphérique*. Les données continues de chaque participant ont été segmentées et les essais bruités ont été rejetés.

Analyses

Les données des participants exclues lors de l'analyse des données comportementales (une participante dyslexique et la normo-lectrice lui étant appariée) ont également été exclues de l'analyse des données EEG. Nous avons aussi exclu les réponses incorrectes ainsi que les deux mots exclus (i.e., *meute* et *menthe*) lors de l'analyse des données comportementales. Pour chaque participant, la moyenne des PE a été calculée de manière *off-line* à partir des essais ne contenant ni mouvements oculaires ni artefacts musculaires. Les PE ont été extraits de manière séparée pour chacun des deux groupes (i.e., dyslexiques et normo-lecteurs). Le T0 correspond au début des stimuli et la ligne de base utilisée correspond aux 200 ms précédant le T0. En nous basant sur les résultats rapportés dans la littérature, nous avons effectué les analyses dans la fenêtre temporelle correspondant à 300-400 ms, ce qui correspond à la fenêtre temporelle dans laquelle l'effet de consistance orthographique est typiquement observé (Chen et al., 2016; Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008). De plus, puisque nous faisons l'hypothèse que l'influence des représentations orthographiques pourrait être plus tardive chez les participants dyslexiques que chez les normo-lecteurs, nous avons sélectionné une seconde fenêtre temporelle : 400-500 ms.

Les groupes d'électrodes montrant une différence significative ont été déterminés via l'application de tests de permutation par clusters (Maris, Schoffelen, & Fries, 2007). Ce test est basé sur le regroupement spatio-temporel d'échantillons adjacents et simplifie la résolution du problème soulevé par les comparaisons multiples (Maris & Oostenveld, 2007). La distribution des permutations a été calculée en réalisant 2000 partitions aléatoires puis sélectionnant les échantillons dont les permutations aboutissaient à une valeur de p étant sous le seuil critique de significativité ($p \leq 0.05$). À partir de ces échantillons, les groupes d'électrodes ont été formés sur la base de leur adjacence spatio-temporelle ; les électrodes voisines ont été définies à l'aide de l'algorithme de triangulation implémenté par la boîte à outils FieldTrip (Oostenveld, Fries, Maris, & Schoffelen, 2011) du logiciel Matlab. Pour déterminer les groupes d'électrodes voisines, nous avons défini un minimum de 3

électrodes. Les groupes d'électrodes obtenant une valeur p de Monte-Carlo inférieure à 0.025 (test bilatéral incluant les valeurs positives et les valeurs négatives) ont été retenus.

3. Résultats

3.1. Analyse des données comportementales

Les temps de réaction moyens et taux de réponses correctes pour chaque groupe sont exposés dans la Figure 5.1. Pour l'analyse de chacune de ces variables, nous avons créé un modèle incluant deux effets fixes (groupe : individus dyslexiques vs. normo-lecteurs ; consistance : mots consistants vs. inconsistants), leur interaction, et des intercepts aléatoires par sujet et par item. La durée des stimuli a également été ajoutée comme covariable aux deux modèles. Nous n'avons pas ajouté de pentes aléatoires par consistance pour chaque sujet et par groupe pour chaque mot-cible car cela n'améliorait pas l'ajustement du modèle aux données.

Temps de réaction

L'analyse des temps de réaction révèle une absence d'interaction entre groupe et consistance [$F(1,2626) = 3.03$, $p = .08$], ainsi que la présence d'un effet principal de groupe [$F(1,54) = 7.83$, $p = .007$] et de consistance [$F(1,51) = 10.48$, $p = .002$]. Les individus dyslexiques étaient globalement plus lents que les normo-lecteurs, et les participants des deux groupes répondaient plus lentement pour les mots inconsistants que pour les mots consistants.

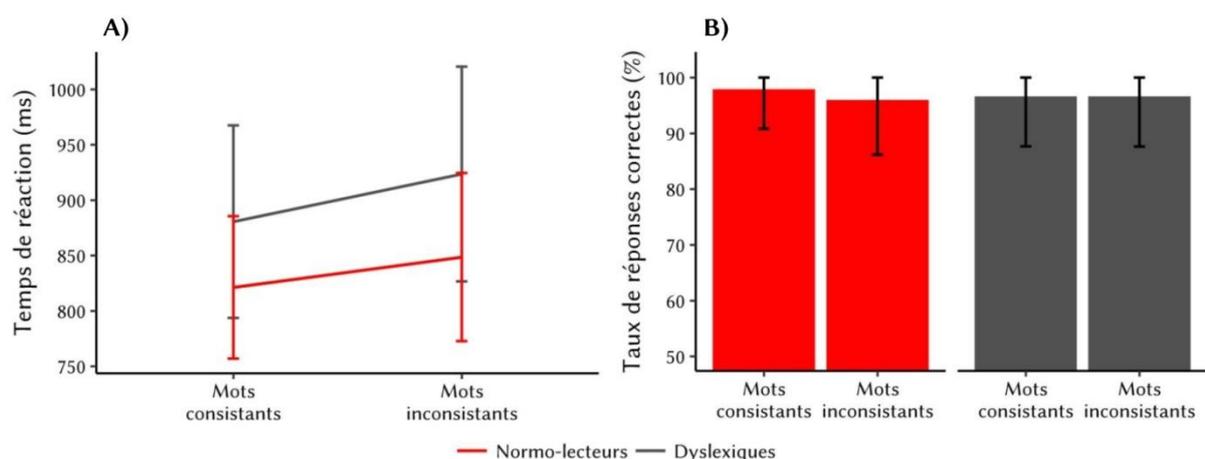


Figure 5.1 : Valeurs moyennes des temps de réaction (panel A) et du taux de réponses correctes (panel B) pour chaque groupe et chaque condition. Les barres d'erreurs représentent l'écart-type.

Taux de réponses correctes

L'analyse du taux de réponses correctes révèle une absence d'interaction entre groupe et consistance [$F(1,\text{inf})=2.35$, $p=.13$], et aucun effet principal de groupe [$F(1,\text{inf})=0.12$, $p=.74$] ni de consistance [$F(1,\text{inf})=1.7$, $p=.19$]. Le taux de réponse correctes n'étaient pas modulé par la consistance orthographique des mots, ni par le diagnostic de dyslexie.

3.2. Analyse des données EEG

Les topographies des PE synchronisés avec le début du stimulus sont présentées dans le panel de gauche de la Figure 5.2, et les moyennes des PE dans le panel de droite. Comme illustré dans la partie haute de cette figure, chez les normo-lecteurs l'effet de consistance est observé entre 300 et 400 ms au niveau des électrodes centrales et fronto-centrales de l'hémisphère gauche (électrodes F5, F3, F1, Fz, F2, F4, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, C5, C3, C1, Cz, CP3, CP1). Dans cette fenêtre temporelle, l'onde négative élicitée par les mots consistants est plus importante que celle élicitée par les mots inconsistants.

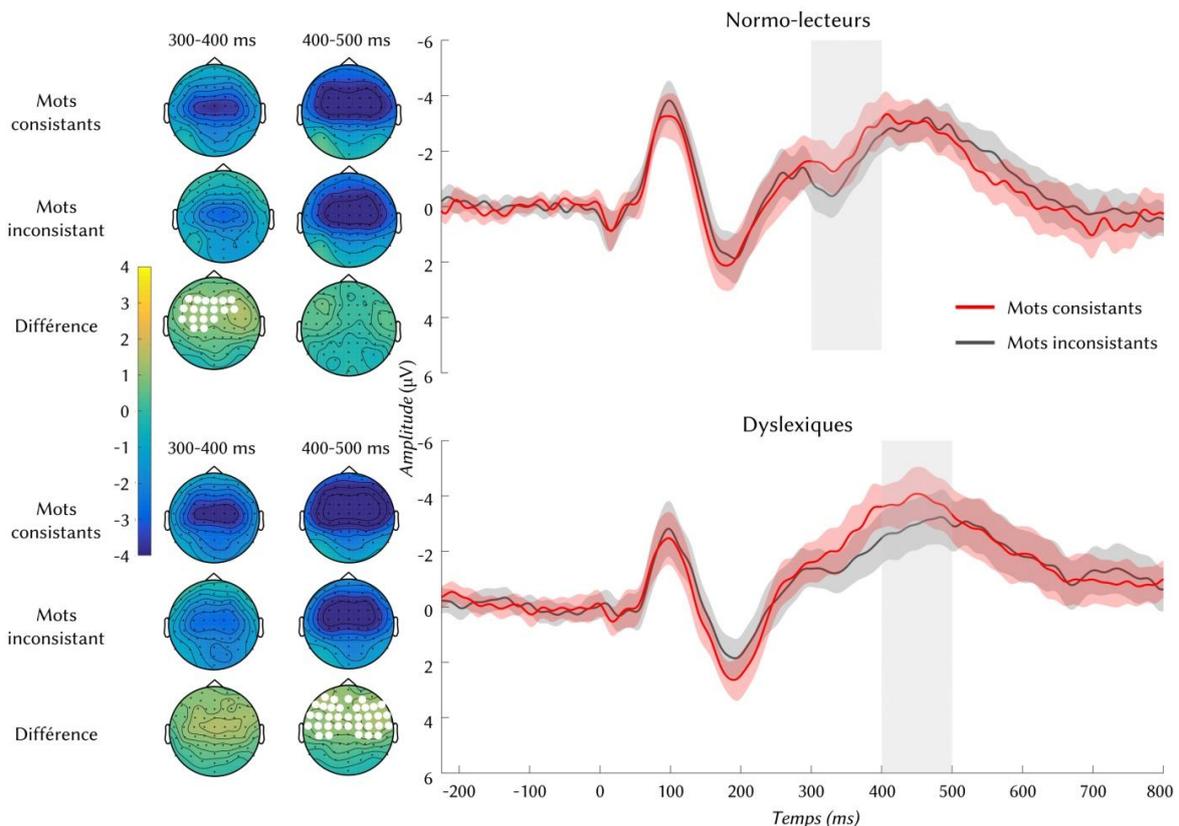


Figure 5.2 : Le signal EEG est synchronisé avec le début des stimuli. La partie gauche de la figure présente les topographies des PE pour les fenêtres temporelles 300-400 ms et 400-500 ms pour le traitement des mots consistants et inconsistants séparément, ainsi que les topographies correspondant à l'effet de consistance (différence des PE pour le traitement des mots inconsistants et consistants) chez les normo-lecteurs (en haut) et chez les individus dyslexiques (en bas). Les points blancs indiquent les groupes d'électrodes

montrant un effet de consistance significatif. La partie droite de la figure présente les PE pour chaque groupe et chaque condition moyennés au niveau des électrodes montrant un effet significatif de consistance (sélectionnées pour chaque groupe séparément). Les PE élicités par les mots consistants sont présentés en rouge, ceux élicités par les mots inconsistants sont présentés en gris. Les fenêtres temporelles montrant un effet de consistance significatif sont surlignées en gris clair.

Le bas de la figure présente les données des participants dyslexiques et montre que chez cette population, l'effet de consistance apparaît entre 400 et 500 ms au niveau des électrodes centrales et fronto-centrales des deux hémisphères (électrodes AF7, AF3, AFz, AF4, F7, F5, F3, F1, F2, F4, F6, F8, FT7, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, FC6, FT8, T7, C5, C3, C1, Cz, CP3, CP2, CP4, CP6). Chez cette population également, les mots consistants élicitaient une onde plus négative que les mots inconsistants.

3.3. Analyse des corrélations

Afin d'explorer les relations entre l'effet de consistance observé en temps de réaction et les performances aux tâches administrées pendant la session de prétests, nous avons réalisé des analyses de corrélations entre la taille de l'effet de consistance en temps de réaction et les scores obtenus aux tâches de prétests (i.e., scores à l'Alouette, niveau de vocabulaire, scores d'efficacité en lecture de pseudomots, de mots irréguliers, en conscience phonémique, et en mémoire verbale à court-terme). La taille de l'effet de consistance en temps de réaction a été obtenue en soustrayant la moyenne des temps de réaction pour les mots inconsistants à celle des mots consistants pour chaque sujet séparément.

Comme illustré dans la Figure 5.3, les résultats de cette analyse révèlent une corrélation positive entre la taille de l'effet de consistance en temps de réaction et les scores d'efficacité obtenus en tâche de conscience phonémique chez les individus dyslexiques uniquement (normo-lecteurs : $r = -0.037$, $p = .85$; dyslexiques : $r = -0.410$, $p = .03$). Aucune autre corrélation n'était significative, dans aucun des deux groupes. Chez les individus dyslexiques, les participants exhibant un effet de consistance plus important en temps de réaction sont ceux ayant obtenu de meilleures performances en tâche de conscience phonémique.

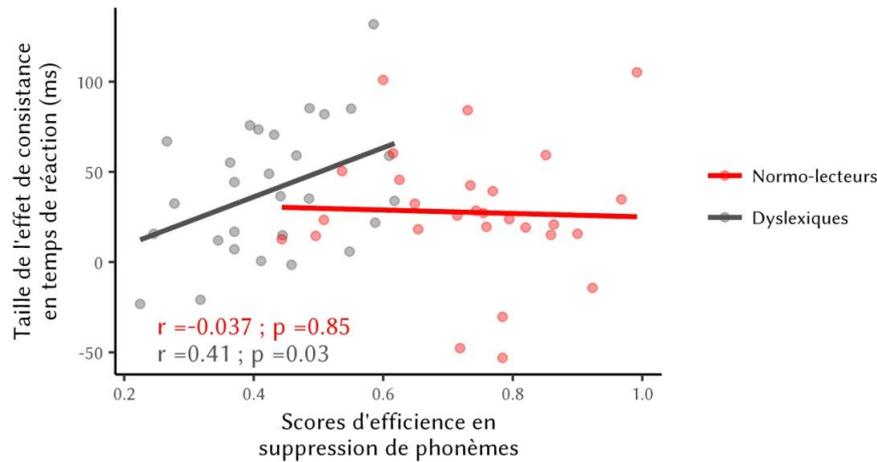


Figure 5.3. : Diagrammes de dispersion des corrélations (pour chaque groupe séparément) entre la taille de l'effet de consistance en temps de réaction et les scores d'efficacité obtenus en tâche de suppression de phonème. Les individus dyslexiques sont représentés en gris et les normo-lecteurs en rouge.

Par ailleurs, en plus des analyses effectuées sur le signal EEG lui-même, nous avons également réalisé des analyses de corrélations afin d'explorer les relations entre les réponses électrophysiologiques des participants et différents indicateurs comportementaux. Les indicateurs électrophysiologiques pris en compte sont la taille de l'effet de consistance observé entre 300 et 400 ms chez les normo-lecteurs et entre 400 et 500 ms chez les individus dyslexiques. La taille de l'effet de consistance a été obtenue en soustrayant l'amplitude de l'onde négative élicitée par les mots consistants à celle de l'onde négative élicitée par les mots inconsistants (i.e., mots consistants – mots inconsistants). Pour chaque groupe, l'effet de consistance en PE a été extrait à partir des électrodes montrant un effet significatif (cf. Figure 5.2). Chez les individus dyslexiques, il s'agit des électrodes AF7, AF3, AFz, AF4, F7, F5, F3, F1, F2, F4, F6, F8, FT7, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, FC6, FT8, T7, C5, C3, C1, Cz, CP3, CP2, CP4, CP6. Chez les normo-lecteurs, des électrodes F5, F3, F1, Fz, F2, F4, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, C5, C3, C1, Cz, CP3, CP1. Puisque ce calcul a été effectué sur une composante négative, une valeur plus négative représente un effet de consistance plus important. Par conséquent, une corrélation positive indique que les participants ayant obtenu de moins bonnes performances comportementales avaient tendance à montrer un effet de consistance plus important en PE. Comme illustré dans la Figure 5.4, contrairement à ce qui a été observé chez les individus dyslexiques, chez les normo-lecteurs, la taille de l'effet de consistance en PE était corrélée négativement avec les scores de vocabulaire obtenus lors de la session de prétests (normo-lecteurs : $r = -0.408$, $p = .03$; dyslexiques : $r = -0.195$, $p = .32$), et corrélée positivement avec les scores d'efficacité en lecture de pseudomots (normo-lecteurs : $r = 0.536$, $p = .003$; dyslexiques : $r = 0.126$, $p = .52$). Aucune corrélation n'a

été observée entre les mesures comportementales et la taille de l'effet de consistance observée en PE chez les individus dyslexiques.

Chez les normo-lecteurs, les participants exhibant un plus grand effet de consistance en PE étaient ceux ayant de meilleures connaissances sémantiques (indexées par les scores obtenus en tâche de vocabulaire) et de moins bonnes capacités de décodage (indexées par les scores d'efficacité en tâche de dénomination de pseudomots).

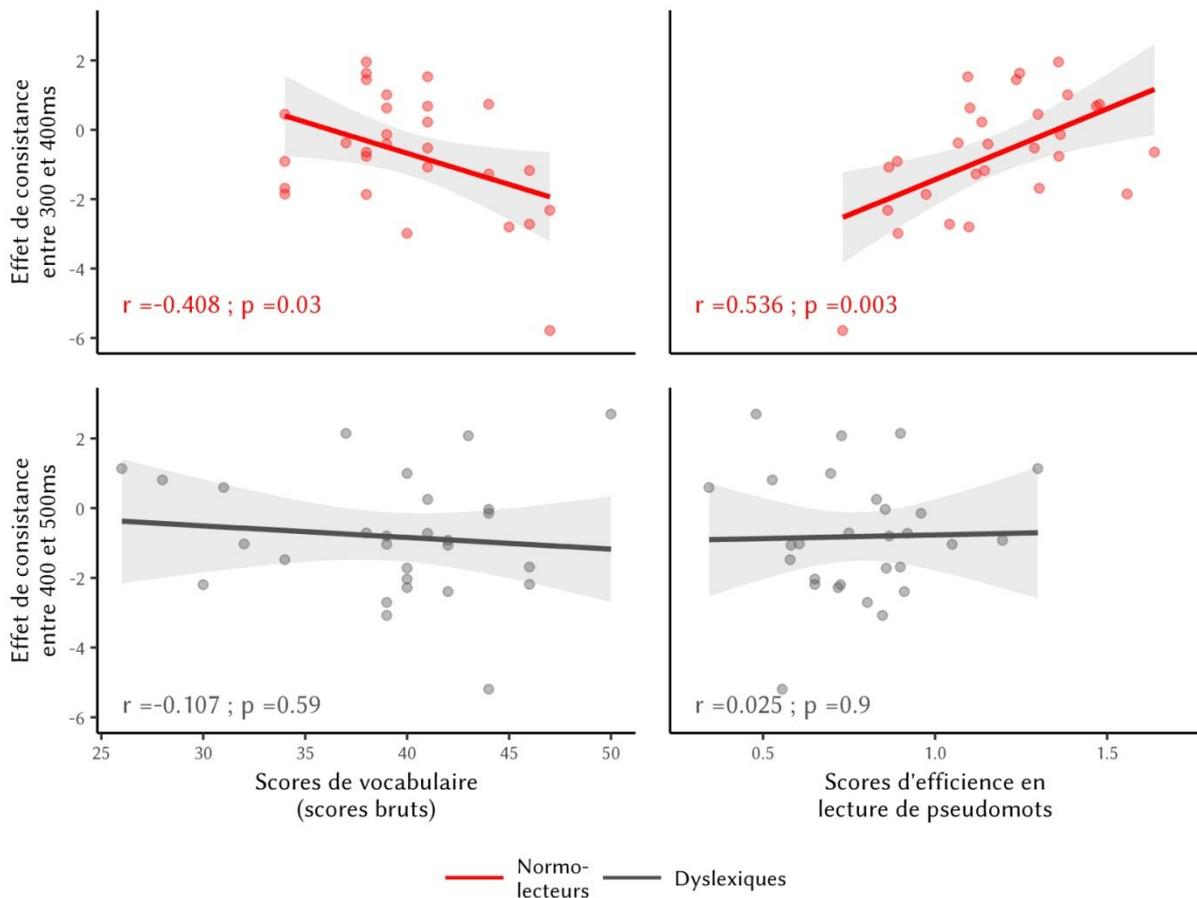


Figure 5.4 : Diagrammes de dispersion des corrélations (pour chaque groupe séparément) entre la taille de l'effet de consistance en PE et les performances comportementales. Les individus dyslexiques sont représentés en gris (en bas) et les normo-lecteurs en rouge (en haut).

Par ailleurs, l'effet de consistance en PE observé dans notre étude va dans le sens inverse de la plupart des études ayant examiné cette question (voir section 4, Discussion). L'étude de Chen et collègues (2016) rapporte un effet de consistance entre 400 et 600 ms allant dans le même sens que celui observé dans notre étude (i.e., une amplitude plus négative lors du traitement des mots consistants que lors de celui des mots inconsistants) et interprètent ce pattern de résultats comme reflétant l'influence du nombre de voisins orthographiques. De plus en modalité visuelle, Carrasco-Ortiz et collaborateurs (2017)

rappellent que les mots ayant des nombres de voisins orthographiques et phonologiques proches élicitent une onde plus négative que les mots ayant des nombres de voisins orthographiques et phonologiques plus éloignés entre 300 et 500 ms. Certains auteurs ont également examiné l'influence du voisinage phonographique via une tâche de production dans laquelle il est demandé aux participants de produire un mot qui soit un voisin phonologique d'un mot-cible présenté auditivement. Les résultats montrent que les participants répondent le plus souvent par un mot étant à la fois voisin phonologique et orthographique du mot-cible, même si ce mot est moins fréquent que d'autres mots étant simplement voisins phonologiques (Muneaux & Ziegler, 2004). Ce pattern de résultats a été interprété comme suggérant que les représentations orthographiques influencent la nature des représentations phonologiques et la spécification des représentations lexicales. En nous basant sur ces études, nous avons décidé d'explorer le lien entre le nombre de voisins phonographiques des mots consistants et inconsistants et l'amplitude de l'onde négative observée entre 300 et 400 ms chez les normo-lecteurs et entre 400 et 500 ms chez les individus dyslexiques.

Les voisins phonographiques d'un mot correspondent aux voisins qui sont à la fois voisins phonologiques et voisins orthographiques de ce mot. Par exemple le mot *lame*, possède 18 voisins phonologiques (i.e., *dame, rame, ram, came, gamme, femme, lime, lemme, lave, lâche, lap, laque, latte, lard, lare, lad, lasse, et lac*), et 8 voisins orthographiques (i.e., *dame, rame, came, game, lime, laie, lare, et lave*). Et les voisins phonographiques de ce mot sont au nombre de 6 : *dame, rame, came, lime, lare, et lave*. Nous avons donc calculé le nombre de voisins phonographiques de chaque mots et comparé les conditions consistantes et inconsistantes (cf. Tableau 5.4). Bien que la différence ne soit que marginalement significative, les résultats de cette comparaison montrent que les mots orthographiquement consistants avaient tendance à posséder plus de voisins phonographiques que les mots orthographiquement inconsistantes ($p < .07$).

Tableau 5.4 : Comparaison du nombre de voisins (orthographiques, phonologiques, et phonographiques) des mots consistants et inconsistantes, écart-types entre parenthèses.

	Mots consistants	Mots inconsistantes	Valeurs de <i>t</i>	Valeurs de <i>p</i>
Nombre de voisins orthographiques	7.82 (4.64)	5.93 (5.05)	1.610	.12
Nombre de voisins phonologiques	12.29 (7.35)	14.54 (8.98)	-1.405	.17
Nombre de voisins phonographiques	4.25 (3.54)	2.71 (2.77)	1.910	<.07

Afin de tester l'hypothèse selon laquelle l'amplitude des PE aurait été influencée par le nombre de voisins phonographiques des items, nous avons effectué des analyses de corrélation entre l'amplitude moyenne des PE élicitée par chaque mot pour chaque groupe séparément. Chez les individus dyslexiques, l'amplitude des PE entre 400 et 500 ms a été extraite à partir des électrodes AF7, AF3, AFz, AF4, F7, F5, F3, F1, F2, F4, F6, F8, FT7, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, FC6, FT8, T7, C5, C3, C1, Cz, CP3, CP2, CP4, CP6. Chez les normo-lecteurs, l'amplitude des PE entre 300 et 400 ms a été extraite à partir des électrodes F5, F3, F1, Fz, F2, F4, FC5, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, C5, C3, C1, Cz, CP3, CP1. Pour chaque groupe, ces électrodes correspondent à celles montrant un effet significatif de consistance. Puisque dans les fenêtres temporelles analysées l'amplitude des PE est négative, une corrélation négative indique que les items ayant élicité une plus grande amplitude en PE sont ceux ayant un plus grand nombre de voisins phonographiques. Comme présenté dans la Figure 5.5, chez les normo-lecteurs les résultats ne montrent aucune corrélation entre l'amplitude des PE et le nombre de voisins phonographiques ($r = -0.123$, $p = .37$). Chez les individus dyslexiques en revanche, les résultats indiquent une corrélation négative ($r = -0.268$, $p < .05$).

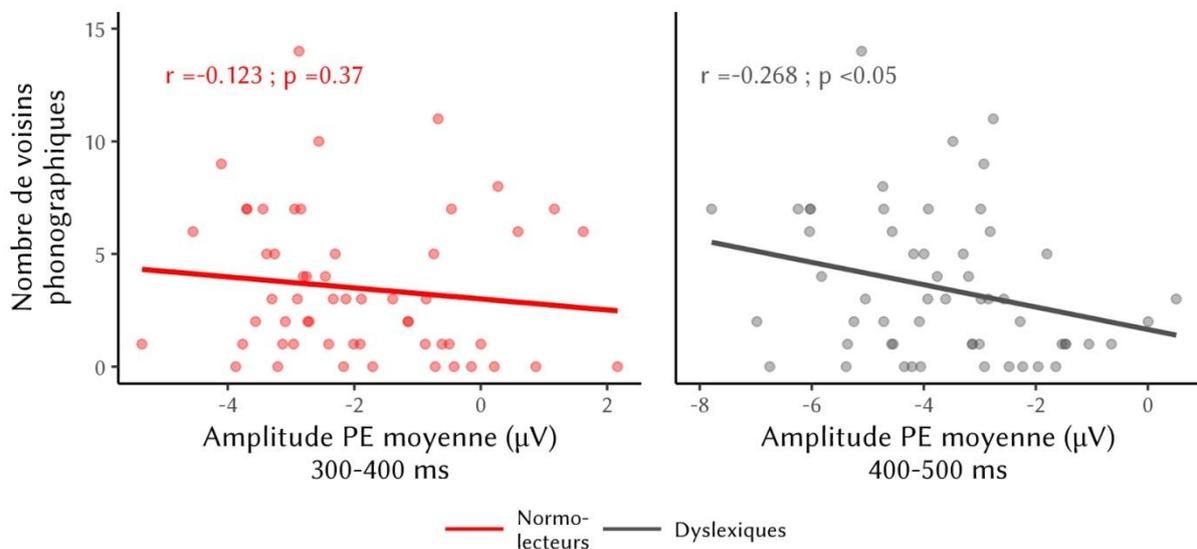


Figure 5.5 : Diagrammes de dispersion des corrélations (pour chaque groupe séparément) entre le nombre de voisins phonographiques et l'amplitude des PE moyennés par mot-cible entre 300 et 400 ms chez les normo-lecteurs et entre 400 et 500 ms chez les individus dyslexiques. Les individus dyslexiques sont représentés en gris (panel de droite) et les normo-lecteurs en rouge (panel de gauche).

4. Discussion

Dans ce chapitre, nous avons tenté de répondre à 3 objectifs: 1) Chez les normo-lecteurs, répliquer l'effet de consistance orthographique précédemment rapporté dans la

littérature. 2) Chez les individus dyslexiques, examiner le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés. Et 3) identifier les possibles différences de la contribution des représentations orthographiques en reconnaissance de mots parlés chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. Ces questions ont été examinées à l'aide de l'enregistrement des réponses comportementales et de l'activité EEG des participants lors d'une tâche de décision lexicale dans laquelle nous avons manipulé la consistance orthographique des mots-cibles. Concernant l'analyse des données EEG, nous nous sommes concentrées sur deux fenêtres temporelles : 300-400 ms et 400-500 ms.

Chez les normo-lecteurs, de nombreuses études rapportent que lors du traitement des mots parlés, les temps de réaction ainsi que les réponses EEG sont influencés par la consistance orthographique des mots (Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008). Au niveau comportemental, cette influence se traduit par des temps de réaction plus longs lors du traitement de mots inconsistants que lors de celui de mots consistants (Pattamadilok, Morais, et al., 2009; Rastle et al., 2011; Roux & Bonin, 2013; Ventura et al., 2008, 2007; Ziegler & Ferrand, 1998; Ziegler et al., 2008). En EEG, la plupart des études rapportent que les mots inconsistants élicitent une amplitude plus négative que les mots consistants entre 300 et 400 ms (Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008). En revanche chez les individus dyslexiques, seulement deux études se sont intéressées à l'influence des représentations orthographiques sur le traitement des mots parlés (Pattamadilok, Nelis, et al., 2014; Ziegler & Muneaux, 2007). Parmi ces deux études, une seule s'est intéressée à cette question chez les dyslexiques adultes via la manipulation de la consistance orthographique (Pattamadilok, Nelis, et al., 2014). Les auteurs rapportent que l'effet de consistance observé au niveau des temps de réaction n'était pas modulé par le diagnostic de dyslexie ce qui suggère que chez cette population également, les représentations orthographiques influencent le traitement des mots parlés. Cependant à notre connaissance, chez les individus dyslexiques aucune étude n'a examiné les processus cognitifs sous-jacents à cette influence ni son décours temporel. Étant donné l'importance des déficits des traitements orthographiques et phonologiques manifestés par les individus dyslexiques (Araújo et al., 2015; Salmelin et al., 1996; Savill &

Thierry, 2011b), il est possible d'envisager que cette influence soit plus tardive et/ou moins importante que chez les normo-lecteurs.

Dans notre étude, l'analyse des données comportementales montre que le taux de réponses correctes n'était pas modulé par la consistance orthographique des mots ni par le diagnostic de dyslexie. En revanche, l'analyse des temps de réaction révèle que, bien que de manière générale les participants dyslexiques soient plus lents à répondre que les normo-lecteurs, les deux groupes montraient un effet de consistance orthographique comparable : des temps de réaction plus rapides pour les mots consistants que pour les mots inconsistants, ce qui réplique les résultats rapportés dans la littérature (Pattamadilok, Morais, et al., 2009; Pattamadilok, Nelis, et al., 2014; Ventura et al., 2008, 2007; Ziegler & Ferrand, 1998; Ziegler et al., 2008). L'observation de temps de réaction plus longs chez les individus dyslexiques comparé au normo-lecteurs est rapportée dans une vaste majorité des études comparant ces deux populations (Breznitz & Misra, 2003; Janse, de Bree, & Brouwer, 2010; Metsala, 1997) et n'est pas spécifique à la tâche employée ici ni au traitement du langage oral. En revanche, l'observation d'un effet de consistance orthographique chez cette population suggère que le traitement des mots parlés est influencé par les représentations orthographiques.

Au niveau EEG, cette fois encore l'effet de consistance orthographique a été observé chez les deux populations. Cependant, cet effet a été observé dans différentes fenêtres temporelles. Les normo-lecteurs montraient un effet de consistance orthographique entre 300 et 400 ms, ce qui correspond aux résultats rapportés dans la littérature (Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008). En revanche chez les individus dyslexiques, l'effet de consistance a été observé de manière plus tardive, entre 400 et 500 ms. L'observation d'un effet de consistance plus tardif chez cette population suggère que les déficits des traitements orthographiques et phonologiques qu'ils manifestent affectent le traitement des mots parlés ainsi que le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques. En modalité visuelle, plusieurs études suggèrent que le décours temporel de l'activation des diverses représentations associées aux mots serait différent de celui observé chez les normo-lecteurs (Araújo et al., 2015; Breznitz, 2006; Breznitz & Misra, 2003; Cavalli, Colé, et al., 2017; Helenius et al., 1999; Salmelin et al., 1996; Savill & Thierry, 2011a). Étant donné les déficits des traitements phonologiques expérimentés par les individus dyslexiques (Law et al., 2017; Ramus, 2008, 2014; Saksida et al., 2016; Szenkovits et al., 2016;

Vandermosten et al., 2016), il semble envisageable que lors du traitement du langage oral également le décours temporel de l'activation de ces diverses représentations soit différent de celui des normo-lecteurs.

En effet plusieurs études menées chez l'enfant suggèrent que chez cette population, les processus cognitifs sous-jacents au traitement des mots parlés seraient différents de ceux observés chez les normo-lecteurs (Bonte et al., 2007; Goswami, 2011; Helenius et al., 2009; Leong et al., 2011; Power et al., 2016). Cependant les études ayant examiné cette question se sont principalement intéressées à la contribution des informations phonétiques et phonologiques. À notre connaissance, cette étude est la première à examiner l'influence des représentations orthographiques sur le traitement des mots parlés chez cette population à l'aide de la technique de l'EEG. Toutefois, de nombreuses études suggèrent que les individus dyslexiques manifestent des déficits des associations grapho-phonémiques (Al Dahhan et al., 2014; Araújo et al., 2011; Bakos et al., 2017; Bishop, 2007; Blau et al., 2010, 2009; Blomert, 2011; Bowers & Swanson, 1991; Breznitz, 2005; Froyen et al., 2011; Georgiou et al., 2018; Jones et al., 2016). De tels déficits pourraient expliquer l'influence tardive des représentations orthographiques observée dans notre étude.

Par ailleurs, chez les individus dyslexiques l'effet de consistance était observé dans les deux hémisphères, tandis que chez les normo-lecteurs cet effet était davantage latéralisé dans l'hémisphère gauche (cf. Figure 5.2). Cette différence de latéralisation ainsi que le fait que l'effet de consistance ne soit pas observé dans la même fenêtre temporelle soulève la possibilité que cet effet de consistance ne soit pas généré par les mêmes sources corticales dans chacune de ces deux populations. Il est également possible que les processus cognitifs sous-jacents à cet effet de consistance soient les mêmes dans les deux populations mais qu'ils prennent plus de temps et s'appuient sur des structures cérébrales plus étendues et/ou moins latéralisées chez les individus dyslexiques. Une analyse d'estimation des sources ou une étude utilisant la technique de l'IRMf ou de la MEG pourraient permettre de répondre à cette question. De plus, les analyses de corrélations entre la taille de l'effet de consistance observé en PE et différentes mesures comportementales collectées pendant la session de prétests montrent que la taille de l'effet de consistance n'est pas liée aux mêmes compétences chez les deux populations. Cette observation semble soutenir l'idée que chez les individus dyslexiques, l'effet de consistance orthographique pourrait provenir de générateurs différents de ceux des normo-lecteurs. Les résultats des analyses de corrélation sont discutés plus bas.

La plupart des études EEG ayant manipulé la consistance orthographique en tâche de reconnaissance de mots parlés rapportent que les mots inconsistants élicitent une onde plus négative que les mots consistants (Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Peereman et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008). Dans notre étude, nous observons l'effet inverse : les mots orthographiquement consistants élicitaient une onde négative plus importante que les mots orthographiquement inconsistants. Une étude menée sur des locuteurs du chinois employant une tâche de catégorisation sémantique observe un effet similaire entre 400 et 600 ms (Chen et al., 2016). Les mots orthographiquement consistants ayant tendance à avoir un nombre plus important de voisins orthographiques que les mots orthographiquement inconsistants, les auteurs interprètent ce résultat comme reflétant l'activation partielle des mots partageant la même orthographe que le mot-cible. En modalité visuelle une étude récente examinant l'influence de la compatibilité intermodale suggère que l'amplitude de la composante N400 serait modulée par la force de l'activité neuronale plutôt que par la difficulté de traitement (Carrasco-Ortiz et al., 2017). Dans cette étude, les auteurs ont manipulé le nombre de voisins orthographiques et phonologiques des mots-cibles. Les résultats montrent que les mots ayant un nombre proche de voisins orthographiques et phonologiques élicitaient une composante N400 de plus grande amplitude que les mots ayant un moindre degré de compatibilité intermodale. La présence d'informations phonologiques et orthographiques davantage compatibles induirait une activité lexicale plus importante, ce qui entraînerait une activité neuronale plus forte entre 300 et 500 ms (Carrasco-Ortiz et al., 2017).

Dans notre étude les nombres de voisins orthographiques et phonologiques des conditions consistante et inconsistante ne sont pas statistiquement différents. Cependant, les mots orthographiquement consistants ont tendance à avoir un nombre de voisins phonologiques et orthographiques plus proche que les mots inconsistants. Si les résultats obtenus par Carrasco-Ortiz et collègues (2017) sont généralisables au traitement de mots parlés et si ceux obtenus par Chen et collègues (2016) sont généralisables aux langues à système alphabétique, l'observation d'une amplitude plus négative lors du traitement de mots consistants que lors de celui de mots inconsistants pourrait être liée aux nombres de voisins phonologiques et orthographiques des stimuli utilisés. Cette hypothèse semble également compatible avec une étude réalisée par Muneaux et Ziegler (2004) montrant une influence du nombre de voisins phonographiques en tâche de production. Dans cette étude, les auteurs émettent l'hypothèse que les représentations orthographiques influencent la

nature des représentations phonologiques et la spécification des représentations lexicales. En d'autres termes, lors de l'acquisition de la lecture, les informations orthographiques seraient utilisées afin de spécifier, moduler, et restructurer les représentations phonologiques (Goswami & Bryant, 1990; Morais et al., 1979; Muneaux & Ziegler, 2004). Ainsi, le traitement d'un mot activerait davantage les voisins avec qui il partage un fort recouvrement à la fois orthographique et phonologique que ceux lui étant associés dans l'une des deux modalités uniquement. Dans notre étude, l'observation d'une influence du nombre de voisins phonographiques pourrait donc suggérer que les représentations orthographiques influencent l'activation des voisins phonologiques des mots-cibles.

En nous basant sur ces études (Carrasco-Ortiz et al., 2017; Chen et al., 2016; Muneaux & Ziegler, 2004), nous avons entrepris de calculer le nombre de voisins phonographiques des mots consistants et inconsistants et de comparer ces deux conditions. Les résultats de cette comparaison révèlent une différence marginalement significative : les mots consistants avaient tendance à avoir davantage de voisins phonographiques que les mots inconsistants (cf. Tableau 5.4, section 3.3). Cependant, l'analyse des corrélations entre l'amplitude moyenne des PE élicitée par chaque mot-cible (pour chaque groupe séparément) et le nombre de voisins phonographiques révèle une corrélation significative entre ces deux variables chez les individus dyslexiques uniquement (cf. Figure 5.4). Il semblerait donc que chez les normo-lecteurs au moins, l'effet de consistance observé dans notre étude ne soit pas dû au nombre de voisins phonographiques des mots-cibles. Par ailleurs, le fait que ce facteur soit corrélé avec l'amplitude des PE chez les individus dyslexiques uniquement appuie l'hypothèse selon laquelle l'effet de consistance pourrait ne pas être sous-tendu par les mêmes processus cognitifs chez les deux populations. Chez les individus dyslexiques, l'effet de consistance observé pourrait être lié à une plus grande compétition lexicale élicitée par les mots-cibles ayant davantage de voisins phonographiques.

Les analyses de corrélation entre la taille de l'effet de consistance observée en PE et différents marqueurs comportementaux révèlent également que les compétences liées à la taille de l'effet de consistance chez les normo-lecteurs ne le sont pas chez les individus dyslexiques. Chez les normo-lecteurs, les participants montrant un plus grand effet de consistance étaient ceux ayant de meilleures connaissances sémantiques et de moins bonnes capacités de décodage. Ce pattern de résultats semble difficilement interprétable. Une étude menée par Pattamadilok et collègues (2014) montre l'existence d'une corrélation entre le niveau d'habileté en lecture et la taille de l'effet de consistance orthographique observée en

temps de réaction : les meilleurs lecteurs étaient davantage influencés par la consistance orthographique que les moins bons lecteurs. Il pourrait donc être envisageable que, dans notre étude, les normo-lecteurs ayant un meilleur niveau de vocabulaire aient également un meilleur niveau de lecture. Cependant si tel était le cas, nous nous serions attendus à ce que la taille de l'effet de consistance orthographique (en PE et/ou en temps de réaction) soit également corrélée avec les scores d'efficacité obtenus à l'*Alouette* ou en lecture de mots irréguliers, ce qui n'est pas le cas. De plus, les résultats des études en modalité visuelle présentées dans les Chapitres 7 et 8 montrent que les normo-lecteurs ayant de meilleures capacités sémantiques et de moins bonnes capacités phonologiques exhibaient des temps de fixation plus longs que les normo-lecteurs montrant le profil inverse. Il semble donc peu probable que l'effet de consistance orthographique observé dans cette étude soit dû au niveau d'habileté en lecture des participants.

Chez les individus dyslexiques, les résultats des analyses de corrélations montrent que les participants montrant un plus grand effet de consistance au niveau des temps de réaction avaient également une conscience phonémique mieux développée. De nombreuses études suggèrent que la conscience phonémique se développe lors de l'apprentissage de la lecture et est modulée par le niveau de compétence en lecture des individus (Dehaene et al., 2010, 2015; Morais, Bertelson, Cary, & Alegria, 1986; Morais et al., 1979). La corrélation observée entre conscience phonémique et taille de l'effet de consistance en temps de réaction suggère donc que chez les individus dyslexiques, les participants étant le plus affectés par la consistance orthographique des mots sont les participants pour lesquelles les représentations phonologiques ont été le plus influencées par les représentations orthographiques. Cette hypothèse semble également appuyée par l'observation de l'existence d'une corrélation entre l'amplitude des PE et le nombre de voisins phonographiques chez cette population.

5. Conclusion

Notre étude montre que chez les individus dyslexiques également le traitement de mots parlés est influencé par les représentations orthographiques, ce qui se reflète à la fois au niveau des réponses comportementales et EEG. Toutefois, l'influence de ces représentations semble plus tardive que chez les normo-lecteurs, ce qui est cohérent avec les précédentes études rapportant des déficits des traitements phonologiques et orthographiques chez cette population. Par ailleurs, contrairement à la plupart des études

ayant examiné l'influence de la consistance orthographique à l'aide de l'EEG, ici les mots consistants élicitaient une onde négative de plus grande amplitude que les mots inconsistants. D'après les résultats rapportés dans la littérature, cet effet pourrait être induit par le fait que les mots consistants avaient davantage de voisins orthographiques que les mots inconsistants (Chen et al., 2016), par l'écart entre les nombres de voisins orthographiques et phonologiques des différentes conditions (Carrasco-Ortiz et al., 2017), ou encore par le nombre de voisins phonographiques (Muneaux & Ziegler, 2004). Afin d'explorer cette dernière hypothèse, nous avons effectué une analyse de corrélations entre l'amplitude des PE élicitée par chaque item et le nombre de voisins phonographiques (pour chaque groupe séparément). Les résultats de ces analyses suggèrent que le nombre de voisins phonographiques influençait l'amplitude des PE chez les individus dyslexiques uniquement. Cette observation suggère que, chez cette population, l'amplitude de l'activité cérébrale pourrait être liée à un processus de compétition lexicale.

Par ailleurs, l'observation d'un décalage temporel et d'une distribution topographique différente chez les deux populations soulève la possibilité que l'effet de consistance orthographique puisse être généré par des sources corticales différentes chez les deux populations. Les processus cognitifs sous-jacents à cet effet pourraient également être plus lents chez les individus dyslexiques que chez les normo-lecteurs et s'appuyer sur des structures cérébrales plus étendues et/ou moins latéralisées.

Dans le chapitre suivant (Chapitre 6), nous proposons d'examiner si l'influence des représentations orthographiques et le décalage temporel de cette influence sont modulés par la prédictibilité du contexte phrastique. En situation naturelle de traitement du langage, les mots sont insérés dans des phrases et leur reconnaissance semble impliquer l'engagement supplémentaire de processus sémantiques et syntaxiques de plus haut niveau que le traitement de mots isolés (Parker et al., 2017; Sereno et al., 2018; Staub, 2015). Le traitement d'un mot rendu prédictible par le contexte sémantique serait facilité par la pré-activation des diverses représentations liées à ce mot. Ces différentes pré-activations permettraient de réduire le coût associé à son traitement (Bar, 2007, 2009; Kutas et al., 2011; León-Cabrera et al., 2017). À l'inverse, le traitement d'un mot incohérent par rapport au contexte qui précède serait rendu plus difficile et serait notamment ralenti par la non concordance entre l'information présente dans le signal et les attentes générées sur la base du contexte sémantique (Kutas & Federmeier, 2011). Le décalage temporel de l'influence des différentes représentations liées au mot – dont les représentations orthographiques – pourrait donc

être modulé par la prédictibilité du contexte phrastique dans lequel ce mot est inséré. Chez les individus dyslexiques, certaines études en modalité visuelle suggèrent une plus forte dépendance au contexte sémantique que chez les normo-lecteurs (Bruck, 1990; Corkett & Parrila, 2008; Gallagher et al., 1996). Par conséquent, le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques pourrait être davantage modulé par le contexte sémantique chez cette population que chez les normo-lecteurs.

CHAPITRE 6.

L'influence des représentations orthographiques en compréhension de phrases orales

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons d'étudier si l'influence des représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés ainsi que son décours temporel sont modulés par la prédictibilité du contexte phrastique. Cette question a été examinée dans chacune des deux populations étudiées dans le Chapitre 5.

1.1. Cadre théorique

Plusieurs études ont montré que le traitement de mots parlés était influencé par les représentations orthographiques, tant chez les normo-lecteurs (Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Perre et al., 2011; Perre, Midgley, et al., 2009; Perre, Pattamadilok, et al., 2009; Perre & Ziegler, 2008) que chez les individus dyslexiques (Pattamadilok, Nelis, et al., 2014). Cependant en EEG comme au niveau comportemental, la très grande majorité de ces études ont examiné cette influence lors du traitement de mots isolés.

À notre connaissance, une seule étude a examiné la question de l'influence des représentations orthographiques sur le traitement du langage parlé lors du traitement de phrases (Mitterer & Reinisch, 2015). Dans cette étude menée en allemand, les auteurs ont examiné cette question en tirant parti du fait que parmi deux des phonèmes souvent supprimés ou réduits en parole conversationnel, l'un est transcrit orthographiquement (i.e., /h/-h) tandis que l'autre n'a pas de transcription orthographique (i.e., /ʔ/). Les auteurs postulent que si les représentations orthographiques influencent le traitement des mots parlés en situation naturelle, en traitement de phrases les locuteurs devraient être plus affectés par la suppression du phonème /h/ que par celle du phonème /ʔ/. Les résultats montrent que les mots phonologiquement réduits étaient reconnus moins rapidement que les mots non réduits, que la réduction concerne le phonème /h/ ou /ʔ/. De plus, dans une seconde tâche impliquant le traitement de mots isolés et présentant également les formes réduites et non réduites des mêmes mots, les auteurs montrent que les performances des participants sont affectées par le fait que le phonème réduit soit orthographiquement

transcrit ou non. Mitterer et Reinisch (2015) interprètent ce pattern de résultats comme suggérant que les représentations orthographiques n'influencent pas le traitement de la parole lui-même mais la façon dont les locuteurs pensent à son propos.

Cependant, cette étude ne manipule pas la consistance orthographique de la même manière que les précédentes études ayant examiné cette question. De plus, l'influence des représentations orthographiques en traitement de phrases a été examinée via le paradigme du *monde visuel* et la tâche impliquant le traitement de mots isolés consistait en un jugement de la qualité de la prononciation des mots. Dans cette seconde tâche, le mot était d'abord présenté à l'écrit puis à l'oral. Ce design expérimental a pu fortement influencer les réponses des participants, particulièrement dans le cas où le phonème réduit possède une transcription orthographique. De plus, l'utilisation du paradigme du monde visuel ne permet pas d'étudier les processus cognitifs sous-jacents au traitement auditif des mots ni le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques.

Dans l'étude présentée dans ce chapitre, nous avons repris les mots-cibles orthographiquement consistants et inconsistants utilisés lors de la tâche de décision lexicale auditive présentée précédemment (Chapitre 5) et nous les avons insérés dans des phrases. Nous avons enregistré l'activité EEG des participants tandis qu'ils avaient pour tâche d'écouter les phrases qui leur étaient présentées dans le but de les comprendre. Le contexte précédent le mot-cible a été manipulé de sorte à rendre le mot-cible prédictible, neutre (i.e., cohérent mais non-prédictible), ou incohérent. Le fait de manipuler à la fois la consistance orthographique des mots-cibles et le contexte sémantique nous permet d'étudier la façon dont le contexte peut moduler la reconnaissance de mots parlés ainsi que la contribution des représentations orthographiques lors de cette reconnaissance. De plus, l'utilisation de l'EEG permet une analyse fine du décours temporel de ces différentes influences. Les mots-cibles utilisés dans cette étude sont les mêmes que ceux que nous avons utilisé dans l'étude présentée dans le Chapitre 5. Nous avons prévu d'effectuer le même type d'analyse (analyse des PE) que celles effectuées dans le Chapitre 5. Cependant, l'exploration visuelle des données EEG révèle la présence d'une très grande quantité d'activité alpha, ce qui rend difficile l'exploitation des résultats en PE. Nous avons donc décidé d'exploiter ces données à l'aide de la décomposition du signal en temps-fréquence, ce qui nous permet de pallier (en partie) à la présence de bruit en étudiant des bandes de fréquences individuelles. Toutefois, au départ cette expérience n'a pas été construite dans le but d'effectuer ce type d'analyses. Les analyses en temps-fréquence nécessitent l'utilisation de fenêtres temporelles longues et

d'une ligne de base plus longue qu'en PE et non adjacente au T0. La longueur des fenêtres temporelles sélectionnées dans notre étude était trop courte pour permettre l'extraction fiable des différentes bandes de fréquence, particulièrement en ce qui concerne les basses fréquences (4-35 Hz). Les analyses présentées dans ce chapitre sont des analyses exploratoires et les résultats obtenus sont encore préliminaires.

1.2. Les marqueurs temps-fréquences du traitement du langage oral

Les oscillations neuronales reflètent essentiellement l'ampleur avec laquelle l'activité neuronale est synchronisée (Drijvers, Mulder, & Ernestus, 2016). Bien qu'il soit difficile d'assigner une fonction cognitive unique à une activité oscillatoire unique (Mai, Minett, & Wang, 2016; Weiss & Mueller, 2012), certaines études suggèrent que les différentes bandes de fréquences enregistrées à l'aide de l'EEG ou de la MEG permettent d'examiner différents types de traitement (Lam, Schoffelen, Uddén, Hultén, & Hagoort, 2016; Mai et al., 2016). Dans les paragraphes qui suivent, nous présenterons les différentes bandes de fréquences que nous avons pu analyser dans notre études ainsi que les types de traitement qui y sont associés.

Oscillations alpha (8–12 Hz)

L'activité oscillatoire alpha a été interprétée comme reflétant des mécanismes d'inhibition fonctionnelle des aires cérébrales non pertinentes pour la tâche ou de l'activité neuronale perturbant le traitement d'un stimulus (Foxye & Snyder, 2011; Jensen & Mazaheri, 2010). Selon cette interprétation, l'augmentation (ou la synchronisation) de l'activité alpha peut refléter une difficulté de traitement nécessitant l'inhibition de l'activité neuronale non pertinente (Drijvers et al., 2016). Certaines études en modalité auditive suggèrent en effet qu'une plus grande diminution (ou désynchronisation) de l'activité alpha reflète un traitement plus facile du mot (Strauß, Kotz, Scharinger, & Obleser, 2014).

Oscillations bêta basses (15–25 Hz)

Certaines études suggèrent que l'analyse de l'activité oscillatoire bêta comprise entre 13 et 30 Hz (oscillations bêta basses) serait particulièrement adaptée à l'étude des différents processus cognitifs impliqués dans le traitement du langage (Weiss & Mueller, 2012). Plusieurs études montrent que lors de l'encodage d'un stimulus en mémoire de travail, l'activité oscillatoire bêta basse se désynchronise (Bonhage, Meyer, Gruber, Friederici, & Mueller, 2017; Hanslmayr, Staresina, & Bowman, 2016; Hanslmayr, Staudigl, & Fellner, 2012; Shahin, Picton, & Miller, 2009). De plus, une plus grande désynchronisation de l'activité

oscillatoire bêta basse serait également liée au traitement d'un stimulus inattendu (Engel & Fries, 2010; Weiss & Mueller, 2012) ou grammaticalement ou sémantiquement incorrect (Bastiaansen, Magyari, & Hagoort, 2010; Davidson & Indefrey, 2007; Luo, Zhang, Feng, & Zhou, 2010). La détection d'un stimulus grammaticalement ou sémantiquement incorrect est également (en partie) associée à la violation des attentes générées via des processus de nature *top-down* (Weiss & Mueller, 2012), processus qui sont fréquemment associés à une désynchronisation dans la bande de fréquence bêta lors du traitement du langage (Bastiaansen, van der Linden, Keurs, Dijkstra, & Hagoort, 2005; Kim & Chung, 2008).

Oscillations bêta hautes (25–35 Hz)

Certaines études montrent que dans des tâches impliquant le traitement du langage, une désynchronisation dans la bande de fréquence bêta basse est souvent associée à une synchronisation dans la bande de fréquence bêta haute, ce qui suggère que ces deux bandes de fréquences pourraient refléter différents types de traitement (Shahin et al., 2009; Weiss & Mueller, 2012). Une plus grande synchronisation de la bande de fréquence bêta haute a été associée au maintien d'un stimulus verbal en mémoire et à son appariement avec les représentations lexicales qui y sont associées (Shahin et al., 2009), ainsi qu'à un traitement phonologique plus important (Alho et al., 2014; Mai et al., 2016).

Oscillations gamma basses (35–45 Hz)

Plusieurs études montrent que l'activité oscillatoire gamma serait liée au maintien des représentations en mémoire de travail (Jokisch & Jensen, 2007). Une augmentation de la « puissance gamma » serait associée aux opérations d'unification sémantique comme l'intégration du sens d'un mot dans un contexte donné (Bastiaansen & Hagoort, 2006; Bastiaansen, Mazaheri, & Jensen, 2011; Varela, Lachaux, Rodriguez, & Martinerie, 2001), la récupération des informations lexico-sémantiques (Bastiaansen et al., 2011), ou l'activation de réseaux fonctionnels locaux soutenant les représentations sémantiques (Mellem, Friedman, & Medvedev, 2013). Certaines études suggèrent également que l'activité gamma est associée au degré de prédictibilité d'un mot (Hald, Bastiaansen, & Hagoort, 2006; Lewis & Bastiaansen, 2015; Wang, Zhu, & Bastiaansen, 2012) : un mot prédictible engendre un niveau de synchronisation plus fort qu'un mot non prédictible dans cette bande de fréquence. D'autres études suggèrent également qu'un mot cohérent avec le contexte qui le précède induirait une plus forte synchronisation de l'activité gamma qu'un mot incohérent (Hald et al., 2006; Weiss & Mueller, 2003).

Oscillations gamma moyennes (55–80 Hz)

Tout comme la bande de fréquence gamma basse, une synchronisation de l'activité oscillatoire de la bande de fréquence gamma moyenne a été associée au traitement de mots sémantiquement cohérents avec le contexte précédent, tandis que les mots incohérents induisent une désynchronisation de l'activité oscillatoire (Peña & Melloni, 2012; Penolazzi, Angrilli, & Job, 2009). Cependant, tandis que la modulation de l'activité gamma basse serait spécifiquement liée au mot-cible, l'activité gamma moyenne serait davantage liée au traitement de la phrase dans son ensemble (Penolazzi et al., 2009). Certains auteurs suggèrent donc que cette bande de fréquence refléterait les processus d'unification sémantique et syntaxique (Lewis & Bastiaansen, 2015; Peña & Melloni, 2012).

1.3. Hypothèses & prédictions

Dans cette étude, les participants avaient à écouter des phrases dans le but de les comprendre. Le contexte sémantique précédant le mot-cible avait été manipulé de sorte à rendre ce mot-cible prédictible, neutre, ou incohérent, et nous avons également manipulé la consistance orthographique des mots-cibles. Pendant l'expérience, nous avons enregistré l'activité EEG des participants. Cette expérience a pour objectif d'étudier trois questions principales : 1) De manière générale pour chacune des deux populations, comment le traitement d'un mot-cible est-il modulé par la prédictibilité du contexte, indépendamment du degré de consistance orthographique ? 2) Chez les normo-lecteurs, quel est l'impact de la prédictibilité du contexte sur l'influence des représentations orthographiques ? Et 3) Chez les individus dyslexiques manifestant un déficit de l'automaticité des liens entre orthographe et phonologie et ayant été montré comme étant plus sensibles au contexte sémantique que les normo-lecteurs, la prédictibilité du contexte module-t-elle l'influence des représentations orthographiques de la même manière que chez les normo-lecteurs ?

En nous basant sur la littérature, nous avons tenté de prédire les synchronisations et désynchronisations induites dans différentes bandes de fréquence par la manipulation de la prédictibilité du contexte phrastique et celle de la consistance orthographique des mots-cibles. Toutefois, ces prédictions restent spéculatives.

L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible

Les études réalisées en temps-fréquence chez les normo-lecteurs suggèrent que la prédictibilité et la cohérence d'un mot-cible modulent les bandes de fréquence bêta basse, gamma basse, et gamma moyenne (Hald et al., 2006; Lewis & Bastiaansen, 2015; Penolazzi et

al., 2009; Weiss & Mueller, 2012). Nous pouvons donc nous attendre à ce qu'en contexte incohérent, les mot-cibles élicitent une désynchronisation plus importante qu'en contexte neutre dans ces trois bandes de fréquences. En revanche, un mot-cible prédictible devrait induire une plus forte synchronisation de l'activité oscillatoire bêta basse, gamma basse et gamma moyenne qu'un mot-cible neutre. Par ailleurs, une plus grande synchronisation de l'activité oscillatoire alpha a été interprétée comme reflétant un traitement plus difficile du stimulus (Drijvers et al., 2016; Strauß et al., 2014). Il est donc envisageable que le traitement du mot-cible soit associé à une plus grande synchronisation de l'activité alpha en contexte incohérent qu'en contexte neutre, et à une plus grande désynchronisation en contexte prédictif.

Chez les individus dyslexiques, certaines études suggèrent que l'activité oscillatoire gamma basse serait déficitaire (Lehongre, Morillon, Giraud, & Ramus, 2013; Lehongre, Ramus, Villiermet, Schwartz, & Giraud, 2011) tandis que l'activité gamma moyenne serait plus importante que chez les normo-lecteurs (Lehongre et al., 2011). Ces résultats ont été interprétés comme reflétant les difficultés de ces individus à traiter et/ou accéder aux représentations phonémiques. Il semble donc envisageable que chez cette population le degré de prédictibilité du mot-cible module davantage l'activité oscillatoire de la bande de fréquence gamma moyenne et moins celle de la bande de fréquence gamma basse que chez les normo-lecteurs. De plus, une désynchronisation de l'activité bêta basse ayant été liée à l'efficacité de l'encodage d'un stimulus en mémoire (Bonhage et al., 2017) et les individus dyslexiques manifestant un déficit en mémoire verbale (Ramus & Szenkovits, 2008), il est possible que cette population exhibe une moins grande désynchronisation de l'activité oscillatoire dans cette bande de fréquence.

L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations orthographiques

À notre connaissance, aucune étude utilisant la technique des temps-fréquence n'a examiné l'influence des représentations orthographiques lors du traitement de la parole. Il semble donc difficile de formuler des prédictions claires, d'autant plus que nos résultats sont préliminaires et nécessitent d'être approfondis. Cependant, l'activité oscillatoire alpha a été associée à la difficulté de traitement d'un mot (Strauß et al., 2014). Une plus grande désynchronisation de l'activité alpha représenterait un traitement plus facile et une moins grande nécessité d'inhiber l'activité neuronale non-pertinente (Drijvers et al., 2016; Strauß et al., 2014). Il est donc possible qu'en contexte neutre le traitement de mots

orthographiquement inconsistants soit lié à une plus grande synchronisation de l'activité oscillatoire alpha. Par ailleurs, l'activité oscillatoire bêta haute ayant été associée aux traitements phonologiques (Mai et al., 2016), il est possible qu'en contexte neutre également, une plus grande stabilité des représentations phonologiques pour les mots orthographiquement consistants induise une plus forte synchronisation de l'activité oscillatoire dans cette bande de fréquence.

En ce qui concerne les contextes prédictif et incohérent, deux hypothèses alternatives peuvent être formulées. 1) Si les représentations orthographiques influencent le traitement des mots parlés de manière précoce, le fait de pouvoir pré-activer le mot-cible et les représentations qui lui sont associées grâce au contexte devrait conduire à l'observation d'un effet de consistance plus précoce et/ou plus important en contexte prédictif qu'en contexte neutre. En revanche, en contexte incohérent, le traitement du mot-cible étant rendu plus difficile, l'influence des représentations orthographiques pourrait être retardée par rapport au contexte neutre. 2) Si les représentations orthographiques n'influencent le traitement d'un mot parlé que lorsqu'il est nécessaire de désambigüiser l'information perçue et/ou de stabiliser les représentations phonologiques liées à l'input, cette influence pourrait ne pas être observée en contexte prédictif et être plus importante en contexte incohérent qu'en contexte neutre.

Par ailleurs, les individus dyslexiques manifestent un déficit de l'automatisme des liens entre orthographe et phonologie. Il est donc possible qu'en contexte neutre, l'influence des représentations orthographiques soit observée de manière plus tardive ou soit moins importante chez cette population comparée aux normo-lecteurs. Par ailleurs, certaines études en modalité visuelle suggèrent que ces individus s'appuieraient davantage sur le contexte sémantique que les normo-lecteurs afin de pré-activer les diverses représentations associées aux mots à venir et en faciliter le traitement. Il est donc possible qu'en contexte prédictif, l'influence des représentations orthographiques soit observée de manière plus précoce ou dans la même fenêtre temporelle que chez les normo-lecteurs. En revanche, chez cette population l'incohérence du mot-cible par rapport au contexte phrastique devrait particulièrement affecter son traitement et l'influence des représentations orthographiques pourrait donc être plus tardive que chez les normo-lecteurs. Si les individus dyslexiques s'appuient sur les représentations orthographiques afin de stabiliser les représentations phonologiques associées à l'input, il est également possible que cette influence soit plus importante que chez les normo-lecteurs.

2. Méthode

2.1. Participants

Les participants ayant pris part à cette étude sont les mêmes que lors de la tâche de décision lexicale auditive (Chapitre 5).

2.2. Matériel

Les mots-cibles utilisés lors de la tâche de décision lexicale auditive (Chapitre 5) ont été réutilisés lors de cette étude et regroupés par paires. Chaque paire contenait un mot consistant et un mot inconsistant appariés en genre et commençant par le même premier phonème. Chaque mot a ensuite été inséré dans trois types de phrases pour lesquelles le contexte sémantique précédent le mot-cible avait été manipulé de sorte à le rendre prédictible, neutre, ou incohérent. Pour chaque paire de mots, nous avons créé deux phrases prédictives (une pour chaque mot) dans lesquelles le mot-cible pouvait facilement être prédit ; et une phrase neutre dans laquelle les deux mots de la paire pouvaient s'insérer de manière égale et cohérente et dans laquelle, par conséquent, aucun des deux mot-cible ne pouvait être prédit. Les phrases incohérentes ont été formées en remplaçant le mot-cible de la phrase prédictive par l'autre mot-cible de la paire. Pour chaque paire de mots, nous obtenons 6 phrases (cf. Tableau 6.1) appariées en nombre de mots précédent le mot-cible et, autant que possible, en terme de structure syntaxique et de nombre de syllabes. L'article précédent le mot-cible est gardé constant à travers l'ensemble de 6 phrases.

Tableau 6.1 : Exemple de phrases pour les mots-cibles « page » (orthographiquement consistant) et « pelle » (orthographiquement inconsistant).

	Mot orthographiquement consistant	Mot orthographiquement inconsistant
Phrases prédictives	Pierre a déchiré le livre en tournant une <u>page</u> trop vite	Les enfants creusent dans le sable avec une <u>pelle</u> en plastique
Phrases neutres	Pierre a cherché pendant toute la matinée une <u>page</u> internet	Pierre a cherché pendant toute la matinée une <u>pelle</u> en métal
Phrases incohérentes	Les enfants creusent dans le sable avec une <u>page</u> en plastique	Pierre a déchiré le livre en tournant une <u>pelle</u> trop vite

Afin de s'assurer de la validité de notre matériel, nous avons testé la prédictibilité et la cohérence des phrases construites en deux phases : 1) une première phase conçue dans le but de tester le degré de prédictibilité des différents contextes sémantiques, 2) une seconde phase visant à évaluer la cohérence des phrases. 246 phrases (82 de chaque contexte dont 41 ont été construites avec un mot-cible orthographiquement consistant et 41 avec un mot-cible orthographiquement inconsistant) ont été testées auprès d'un total de 270 étudiants de

licence (de la L1 à la L3). Ces 270 étudiants ont été âgés d'en moyenne 21.5 ans (écart-type 3.7), étaient de langue maternelle française, et ont déclaré n'avoir aucun trouble du langage ou neuropsychologique. Aucun des participants ayant pris part aux prétests n'a été inclus dans l'expérience. De plus, les étudiants ayant participé à la première phase de test n'ont pas participé à la seconde.

Lors de la première phase de test, les étudiants avaient pour consigne de compléter chaque phrase présentée par le premier mot leur venant à l'esprit (Clifton et al., 2007; Rayner & Well, 1996). Les phrases étaient présentées du début jusqu'à l'article précédent le mot-cible (e.g., *Pierre a déchiré le livre en tournant une ...* ; *Pierre a cherché pendant toute la matinée une ...*), le mot-cible ainsi que la fin de la phrase étaient supprimés. Adoptant les critères de *cloze probability* proposés par de précédentes études (Block & Baldwin, 2010; Rayner & Well, 1996), les phrases prédictives étaient considérées comme telles si elles étaient complétées plus de 62% du temps par le mot-cible attendu, les phrases neutres ne devaient pas être complétées plus de 20% du temps par un même mot, que ce soit le mot-cible ou non, et les phrases incohérentes ne devaient jamais être complétées par le mot-cible. Les valeurs moyennes, minimums et maximums obtenues pour l'ensemble des phrases sélectionnées sont rapportées dans le Tableau 6.2 pour chaque type de contexte. Lors de la seconde phase de test, les phrases entières étaient présentées et les étudiants avaient pour tâche d'évaluer la cohérence de chaque phrase sur une échelle allant de 1 (très cohérent) à 5 (pas du tout cohérent). Les phrases prédictives et non-prédictives ont été considérées comme cohérentes lorsqu'elles obtenaient un score moyen inférieur ou égal à 2.5. Les phrases incohérentes ont été considérées comme telles si elles obtenaient un score moyen supérieur à 3. Les valeurs moyennes, minimums et maximums obtenues pour l'ensemble des phrases sélectionnées sont rapportées dans le Tableau 6.2 pour chaque contexte. Dans chacune des deux phases de test, les listes de phrases ont été construites de manière à obtenir un minimum de 20 réponses par phrase et de manière à ce qu'un étudiant donné ne voit un même mot-cible qu'une seule fois. Les phrases ont été présentées dans un ordre aléatoire différent pour chaque étudiant. Lors de la sélection des phrases satisfaisant aux critères de sélection des deux phases de prétests, pour chaque paire de mots, si l'une des 6 phrases construites ne correspondait pas aux critères, l'ensemble de 6 phrases a été exclu.

Sur les 246 phrases testées, 168 ont été retenues pour l'expérience et sont présentées en Annexe B (ce sont les phrases dont les mots-cibles correspondent aux mots utilisés lors de la tâche de décision lexicale présentée dans le Chapitre 5). Sur ces 168 phrases, il y avait

56 phrases prédictives (28 contenant un mot-cible orthographiquement consistant, 28 un mot-cible orthographiquement inconsistant), 56 phrases neutres (28 contenant un mot-cible orthographiquement consistant, 28 un mot-cible orthographiquement inconsistant), et 56 phrases incohérentes (28 contenant un mot-cible orthographiquement consistant, 28 un mot-cible orthographiquement inconsistant).

Tableau 6.2: Valeurs minimums, maximums, et moyennes des phrases sélectionnées (cf. Annexe B) obtenues pour chaque type de contexte dans chacune des deux phases de prétests. Le haut du tableau présente les pourcentages de complétion par le mot-cible (cloze probability) obtenus lors de la première phase de prétest. Le bas du tableau présente les valeurs obtenues lors de la phase d'évaluation de la cohérence des phrases (1 = tout à fait cohérent, 5 = totalement incohérent).

Phase 1, pourcentage de complétion des phrases par le mot-cible			
	Minimum	Maximum	Moyenne
Phrases prédictives	72%	100%	94%
Phrases neutres	0%	20%	0.8%
Phrases Incohérentes	0%	0%	0%
Phase 2, scores obtenus lors du jugement de la cohérence des phrases			
	Minimum	Maximum	Moyenne
Phrases prédictives	1	2.45	1.4
Phrases neutres	1.1	2.5	1.6
Phrases Incohérentes	3.7	4.95	4.5

Les phrases ainsi validées ont été enregistrées en chambre sourde en utilisant le même matériel et la même locutrice que lors de l'enregistrement des mots isolés ayant servi lors de la tâche de décision lexicale auditive (Chapitre 5) : taux d'échantillonnage de 48 kHz, système de conversion analogique-numérique d'une résolution de 16 bits, micro AKG 1000S, signal acoustique standardisé à 70 dB en moyenne via le logiciel *Praat*. Lors de l'enregistrement des phrases, le mot-cible a été remplacé par le pseudomot *kak* et chaque mot-cible a été enregistré de manière séparée dans une phrase construite uniquement pour l'enregistrement (et ne faisant pas partie des phrases expérimentales). Nous avons choisi de remplacer les mots-cibles par le pseudomot *kak* car les premier et dernier phonèmes de ce pseudomot sont des consonnes occlusives dorsales non voisées. Certaines études de phonétique ont montré que ces consonnes font partie de celles qui sont le moins sujet aux phénomènes de coarticulation (Gigandet, 1994). De plus, la présence d'une consonne occlusive rend la segmentation du signal plus facile. Nous avons ensuite extrait les mots-cibles des phrases construites pour l'enregistrement et les avons insérés dans les trois types de contexte à l'aide du logiciel *Praat*. Cette procédure nous permet de nous assurer qu'une phrase et un mot-cible donné seront toujours prononcés de la même manière, quelle que soit la condition (e.g., *Pierre a déchiré le livre en tournant une page/pelle trop vite* ; *Pierre a*

cherché pendant toute la matinée une page/pelle). Les mots-cibles ainsi extraits étaient d'une durée moyenne de 387.25 ms (mots consistants : 393.89 ms ; mots inconsistants : 380.61 ms ; $p = .45$).

2.3. Procédure

Les participants étaient confortablement installés en face d'un écran d'ordinateur, dans une chambre sourde munie d'une cage de faraday. Les stimuli étaient présentés de manière binaurale à un volume confortable (ajusté pour chaque sujet) via des écouteurs intra-auriculaires. Les participants avaient pour consigne d'écouter attentivement les phrases qui leurs étaient présentées dans le but de les comprendre et de rester attentif car certaines phrases étaient suivies d'une image dont ils devaient décider si elle correspond ou non à la phrase la précédant immédiatement. Les 33 phrases *fillers* suivies d'une image ont été ajoutées afin de s'assurer de l'attention des participants et non incluses dans les analyses. Ces phrases pouvaient être cohérentes ou incohérentes et étaient grammaticalement similaires aux stimuli. Elles étaient présentées tous les 2 à 7 essais de manière aléatoire afin que les participants ne puissent pas anticiper leur apparition. Après chaque image, les participants devaient indiquer si cette image correspondait ou non à la phrase la précédant immédiatement en appuyant sur le bouton droit (l'image correspond) ou gauche (l'image ne correspond pas) du boîtier réponse E-Prime situé en face d'eux. Pour chaque essais, une croix de fixation (+) était affichée au centre de l'écran tandis que le stimulus auditif était présenté. Les participants avaient pour consigne de limiter au maximum les clignements d'œil ainsi que leurs mouvements lorsque la croix de fixation était affichée à l'écran. La croix de fixation était affichée 100 ms avant le début de la phrase et restée affichée jusqu'à la fin de la phrase. L'intervalle inter-essais (écran blanc) était de durée variable et aléatoire (entre 1500 et 1700 ms).

Les stimuli étaient divisés en 3 blocs de 56 phrases : 28 phrases contenant un mot-cible orthographiquement consistant (9 à 10 phrases de chaque contexte), et 28 phrases contenant un mot-cible orthographiquement inconsistant (9 à 10 phrases de chaque contexte). Dans chaque bloc, 11 phrases *fillers* ont également été ajoutées. A l'intérieur de chaque bloc, un même mot-cible et une même phrase n'apparaissaient qu'une seule fois. De plus, les stimuli étaient pseudo-randomisés de manière à ce qu'une condition donnée n'apparaisse pas plus de trois fois consécutives. Pour chaque paire de participants (dyslexique et normo-lecteur apparié), une nouvelle pseudo-randomisation a été générée. Deux essais factices (buffers) supplémentaires ont été ajoutés au début de chaque bloc (et

non inclus dans les analyses) afin de s'assurer de l'attention des participants. L'expérience commençait par une session d'entraînement contenant 20 essais (5 phrases prédictives, 5 phrases incohérentes, 6 phrases non-prédictives, et 4 phrases *fillers*) afin de familiariser les participants avec la tâche.

2.4. Analyse des données EEG

Enregistrement et prétraitement

L'enregistrement des données EEG a été effectué de la même manière que lors de la tâche de décision lexicale auditive (Chapitre 5).

Analyses

Les données de l'une des participantes dyslexiques ont été exclues des analyses sur la base des performances obtenues lors de la session de prétests (performances inférieures à la moyenne du groupe -2.5 écart-types pour les tâches de l'*Alouette*, de lecture de mots irréguliers, et de lecture de pseudomots). Par conséquent, les données de la participante normo-lectrice lui étant appariée ont également été exclues des analyses. De plus, les données de deux participants dyslexiques et d'un normo-lecteurs ont été exclues dû à la contamination du signal par une très forte activité alpha. Les données des deux participants normo-lecteurs et du participant dyslexique leurs étant appariés ont également été exclues des analyses.

Nous nous sommes concentrées sur le traitement du mot-cible. Afin de prendre en compte une quantité de données suffisante pour pouvoir effectuer ce type d'analyses, chaque essai a été segmenté de 200 ms avant le début du mot-cible à 1200 ms après son début (soit une durée totale de 1400 ms). Pour pouvoir effectuer la décomposition en temps-fréquence, nous avons effectué une analyse en ondelettes en utilisant les ondelettes complexes de Morlet à l'aide de l'algorithme implémenté dans la boîte à outils FieldTrip (Oostenveld et al., 2011) du logiciel Matlab. L'analyse en ondelettes utilise une fenêtre temporelle variable en fonction de la fréquence. Par conséquent, cette approche nous permet d'obtenir un meilleur compromis entre la résolution temporelle et fréquentielle qu'avec des méthodes d'analyse utilisant une fenêtre temporelle fixe (i.e., STFT, *Short-Time Fourier Transform*). La largeur des ondelettes a été fixée à 2 écart-types, et le nombre de cycles d'ondelettes variait linéairement entre 2 à 7 cycles en fonction de la fréquence. Ces paramètres ont été définis en fonction de la durée des essais (1400 ms) dans le but de tenter

d'atteindre la bande de fréquence thêta (4-7 Hz). Cependant, la quantité de données par essai n'a pas été suffisante pour nous permettre d'extraire les fréquences inférieures à 5 Hz. La ligne de base utilisée correspond à la fenêtre -200 - -25 ms précédant le T0. Deux types d'activité oscillatoire ont été calculés et analysés : l'activité évoquée et l'activité mixte (i.e., induite et évoquée).

- **L'activité évoquée** fait référence aux changements de l'activité EEG lorsque les phases de cette activité sont synchronisées (en anglais *phase-locked*) avec le début du stimulus (i.e., T0, dans notre étude, avec le début du mot-cible). L'activité évoquée ne prend donc pas en compte l'activité oscillatoire n'étant pas en phase par rapport au T0 (i.e., l'activité induite). L'activité évoquée est calculée en prenant en compte la moyenne des essais pour chaque participant et en effectuant une décomposition temps-fréquence sur cette moyenne.
- **L'activité mixte** prend en compte à la fois l'activité évoquée et l'activité induite. Afin d'extraire l'activité mixte, la décomposition temps-fréquence a été effectuée individuellement pour chaque essai.

La correction par rapport à la ligne de base a été effectuée pour chaque participant individuellement en prenant en compte la ligne de base moyenne de chaque participant. L'activité a été normalisée en convertissant l'activité oscillatoire en *z-scores*. La décomposition temps-fréquence a été effectuée sur les données segmentées dont le T0 correspondait au début des mots-cibles. Nous avons analysé l'activité oscillatoire comprise entre 5 et 80 Hz ce qui nous a permis d'extraire cinq bandes de fréquences : la partie supérieure de la bande thêta (5-7 Hz), la bande alpha (8-13 Hz), la bande bêta (14-30 Hz), la bande gamma basse (30-45 Hz), et la bande gamma moyenne (55-80 Hz).

Puisque cette étude est la première à examiner la façon dont la prédictibilité du contexte sémantique peut moduler la contribution des représentations orthographiques au traitement de mots parlés, nous avons choisis de ne pas sélectionner de fenêtre temporelle a priori. Les analyses ont donc été effectuées sur une fenêtre temporelle allant de 0 à 800 ms. Pour chacune des comparaisons effectuées, les groupes d'électrodes et les fenêtres temporelles montrant une différence significative ont été déterminés via l'application de tests de permutation par clusters (Maris et al., 2007). La distribution des permutations a été calculée en réalisant 1000 partitions aléatoires puis sélectionnant les échantillons dont les permutations aboutissaient à une valeur de p étant sous le seuil critique de significativité ($p \leq 0.025$). Les tests de permutation ont été effectués par bande de fréquence. Pour chaque

bande de fréquence, l'activité des 64 électrodes a été prise en compte. Les groupes d'électrodes ont été formés sur la base de leur adjacence spatio-temporelle ; les électrodes voisines ont été définies à l'aide de l'algorithme de triangulation implémenté par la boîte à outils FieldTrip du logiciel Matlab (Oostenveld et al., 2011). Les groupes d'électrodes obtenant une valeur p de Monte-Carlo inférieure ou égale à 0.025 (test bilatéral incluant les valeurs positives et les valeurs négatives) ont été retenus.

3. Résultats

Les résultats présentés dans ce chapitre sont des résultats préliminaires et seront affinés ultérieurement. L'expérience n'ayant pas été structurée dans le but d'effectuer des analyses en temps-fréquence, la sélection d'une ligne de base adéquate à ce type d'analyse est difficile. De plus, la longueur des fenêtres temporelles sélectionnées semble trop courte pour permettre d'extraire les différentes bandes de fréquence de manière fiable, particulièrement pour les basses fréquences. Dans les sections qui suivent, seuls les résultats impliquant des différences significatives sont rapportés dans les figures.

3.1. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible

Nous avons examiné l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement du mot-cible via la comparaison des contextes prédictif et neutre d'une part et incohérent et neutre d'autre part pour chaque groupe séparément (i.e., dyslexiques et normo-lecteurs). Les résultats présentés dans cette section ont été obtenus lors de l'analyse de l'activité oscillatoire mixte (aucun résultat n'a été obtenu lors de l'analyse de l'activité évoquée) et sont illustrés dans la Figure 6.1. Un récapitulatif des résultats est disponible dans le Tableau 6.3.

Activité oscillatoire alpha (8–12 Hz)

Chez les normo-lecteurs, aucun effet significatif de contexte n'a été observé au niveau de l'activité oscillatoire alpha.

Chez les individus dyslexiques en revanche, les résultats révèlent une désynchronisation plus importante en contexte prédictif qu'en contexte neutre au niveau des électrodes frontales gauches et droites entre 400 et 700 ms et au niveau des électrodes

frontales et fronto-centrales (principalement) droites entre 700 et 800 ms. Aucun effet significatif n'a été observé lors de la comparaison des contextes incohérent vs. neutre.

Activité oscillatoire bêta basse (15–25 Hz)

Aucun effet significatif de contexte n'a été observé au niveau de l'activité oscillatoire bêta basse chez les normo-lecteurs.

Chez les individus dyslexiques, les résultats révèlent une désynchronisation plus importante en contexte prédictif qu'en contexte neutre au niveau des électrodes frontales entre 500 et 800 ms. Cet effet est principalement latéralisé à gauche entre 500 et 600 ms puis s'étend aux deux hémisphères entre 600 et 700 ms. Entre 700 et 800 ms, l'effet est davantage central et s'observe également au niveau des électrodes centro-pariétales droites. Aucun effet significatif n'a été observé lors de la comparaison des contextes incohérent vs. neutre.

Activité oscillatoire bêta haute (25–35 Hz)

Chez les normo-lecteurs, l'analyse de l'activité oscillatoire de la bande de fréquence bêta haute révèle une synchronisation plus importante en contexte prédictif qu'en contexte neutre au niveau des électrodes frontales gauches dès le début du mot jusque 400 ms. Cette synchronisation plus importante en contexte prédictif s'observe également au niveau des électrodes centro-pariétales et pariétales droites entre 100 et 300 ms.

Aucun effet significatif n'a été observé lors de la comparaison des contextes incohérent vs. neutre. Chez les individus dyslexiques, les analyses n'ont révélé aucun effet significatif de contexte dans cette bande de fréquence.

Activité oscillatoire gamma basse (35–45 Hz)

Chez les normo-lecteurs, l'analyse de l'activité oscillatoire gamma basse révèle une synchronisation plus importante en contexte prédictif qu'en contexte neutre entre 100 et 800 ms. Cet effet s'observe au niveau des électrodes frontales principalement gauches entre 100 et 300 ms puis 500 et 700 ms, ainsi qu'au niveau des électrodes centrales et centro-pariétales droites et occipitales gauches et droites entre 100 et 300 ms puis entre 400 et 700 ms. Entre 300 et 400 ms, cette synchronisation est significative au niveau de quelques électrodes frontales et centrales gauches et occipitales gauches et droites. Entre 700 et 800 ms, cette synchronisation n'était significative qu'au niveau d'une seule électrode frontale (Fp2). Aucun effet significatif n'a été observé lors de la comparaison des contextes incohérent vs. neutre.

Chez les individus dyslexiques, les analyses n'ont révélé aucun effet significatif de contexte dans cette bande de fréquence.

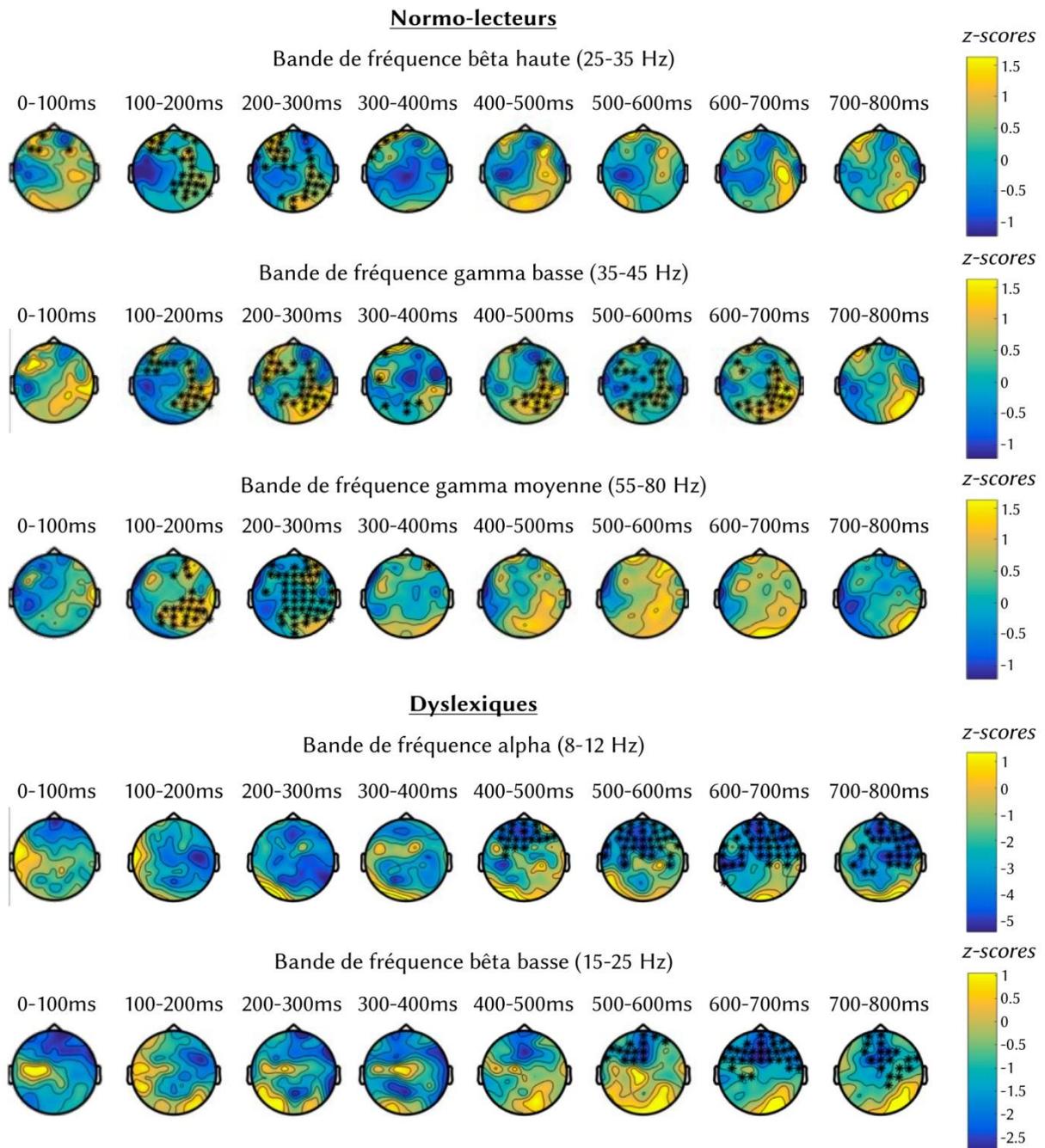


Figure 6.1 : Les topographies présentées dans la figure illustrent l'effet de contexte pour la comparaison contexte prédictif - contexte neutre. Le signal EEG est synchronisé avec le début du mot-cible. Les topographies montrent les résultats (par pas de 100 ms) des tests de permutation à base de clusters sur l'activité mixte effectués sur les bandes de fréquences individuelles. La partie haute de la figure présente les résultats obtenus chez les normo-lecteurs. Les bandes de fréquence affichées sont (de haut en bas) la bande de fréquence bêta haute (25-35 Hz), la bande de fréquence gamma basse (35-45 Hz), et la bande de fréquence gamma moyenne (55-80 Hz). La partie basse de la figure présente les résultats obtenus chez les individus dyslexiques. Les bandes de fréquence affichées sont (de haut en bas) la bande de fréquence alpha (8-12 Hz), et la bande de fréquence bêta basse (15-25 Hz). Les étoiles noires indiquent les groupes d'électrodes montrant un effet de contexte significatif.

Activité oscillatoire gamma moyenne (55–80 Hz)

Chez les normo-lecteurs, l'analyse de l'activité oscillatoire gamma moyenne révèle une synchronisation plus importante en contexte prédictif qu'en contexte neutre au niveau des électrodes centro-pariétales (majoritairement) droites et occipitales bilatérales entre 100 et 300 ms. cette synchronisation est également observée au niveau de quelques électrodes frontales droites entre 100 et 200 ms et s'étend aux électrodes frontales et fronto-centrales gauches et droites entre 200 et 300 ms. Entre 300 et 400 ms, cet effet est uniquement significatif au niveau de l'électrode AF8. Encore une fois, aucun effet significatif n'a été observé lors de la comparaison des contextes incohérent vs. neutre.

De même, chez les individus dyslexiques les analyses n'ont révélé aucun effet significatif de contexte dans cette bande de fréquence.

Tableau 6.3 : Récapitulatif des résultats obtenus concernant l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible pour chaque groupe, chaque comparaison, et chaque bande de fréquence. Les résultats allant dans le sens inverse de nos prédictions sont indiqués en bleu.

	Normo-lecteurs		Dyslexiques	
	Contexte prédictif vs. neutre	Contexte incohérent vs. neutre	Contexte prédictif vs. neutre	Contexte incohérent vs. neutre
Activité alpha	<i>ns</i>	<i>ns</i>	Désynchronisation contexte prédictif > contexte neutre	<i>ns</i>
Activité bêta basse	<i>ns</i>	<i>ns</i>	Désynchronisation contexte prédictif > contexte neutre	<i>ns</i>
	Normo-lecteurs		Dyslexiques	
	Contexte prédictif vs. neutre	Contexte incohérent vs. neutre	Contexte prédictif vs. neutre	Contexte incohérent vs. neutre
Activité bêta haute	Synchronisation contexte prédictif > contexte neutre	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Activité gamma basse	Synchronisation contexte prédictif > contexte neutre	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Activité gamma moyenne	Synchronisation contexte prédictif > contexte neutre	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

3.2. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations orthographiques

Nous avons examiné l'influence des représentations orthographiques sur le traitement du mot-cible via la comparaison du traitement des mots orthographiquement consistants et inconsistants dans chacun des trois contextes (i.e., prédictif, neutre, et incohérent) et pour chaque groupe (i.e., dyslexiques et normo-lecteurs) séparément. Les

résultats présentés dans cette section ont été obtenus lors de l'analyse de l'activité oscillatoire évoquée (aucun résultat n'a été obtenu lors de l'analyse de l'activité mixte) et sont illustrés dans la Figure 6.2. Un récapitulatif des résultats est disponible dans le Tableau 6.4.

Activité oscillatoire alpha (8–12 Hz)

Chez les normo-lecteurs, en contexte incohérent l'analyse de l'activité oscillatoire alpha révèle une désynchronisation plus importante pour les mots orthographiquement inconsistants que pour les mots consistants au niveau des électrodes fronto-centrales droites entre 200 et 600 ms. Cette synchronisation s'étend au niveau des électrodes centrales, centro-pariétales, et occipitales gauches et droites entre 300 et 500ms. Dans cette population, l'effet de consistance n'était significatif dans aucun des deux autres contextes.

Chez les individus dyslexiques, l'analyse de cette bande de fréquence ne révèle aucun effet de consistance pour aucun des trois contextes phrastiques.

Activité oscillatoire bêta basse (15–25 Hz)

Chez les normo-lecteurs en contexte incohérent encore une fois, l'analyse de l'activité oscillatoire bêta basse révèle une désynchronisation plus importante pour les mots inconsistants que pour les mots consistants au niveau des électrodes centrales et fronto-centrales bilatérales entre 200 et 400 ms qui s'étend au niveau des électrodes centro-pariétales gauches et droites entre 300 et 400 ms. Entre 400 et 500 ms, cette désynchronisation est davantage localisée au niveau des électrodes frontales et fronto-centrales bilatérales. Aucun effet de consistance significatif n'a été observé en contextes prédictif et neutre.

Chez les individus dyslexiques, l'analyse de cette bande de fréquence ne révèle aucun effet de consistance pour aucun des trois contextes phrastiques.

Activité oscillatoire bêta haute (25–35 Hz)

Chez les normo-lecteurs, l'analyse de l'activité oscillatoire bêta haute ne révèle aucun effet de consistance pour aucun des trois contextes phrastiques.

Chez les individus dyslexiques, l'analyse de cette bande de fréquence révèle une désynchronisation plus importante pour les mots inconsistants que pour les mots consistants en contexte prédictif uniquement. Cette désynchronisation était localisée au niveau des électrodes pariétales et centro-pariétales gauches entre 100 et 700 ms. Cette

désynchronisation est également observée au niveau des électrodes centrales et centro-frontales gauches entre 100 et 300 ms, puis au niveau des électrodes frontales et centro-frontales gauches et droites entre 600 et 700 ms. Entre 700 et 800 ms, cet effet n'était significatif qu'au niveau de l'électrode T7. Aucun effet de consistance significatif n'a été observé en contextes incohérent et neutre.

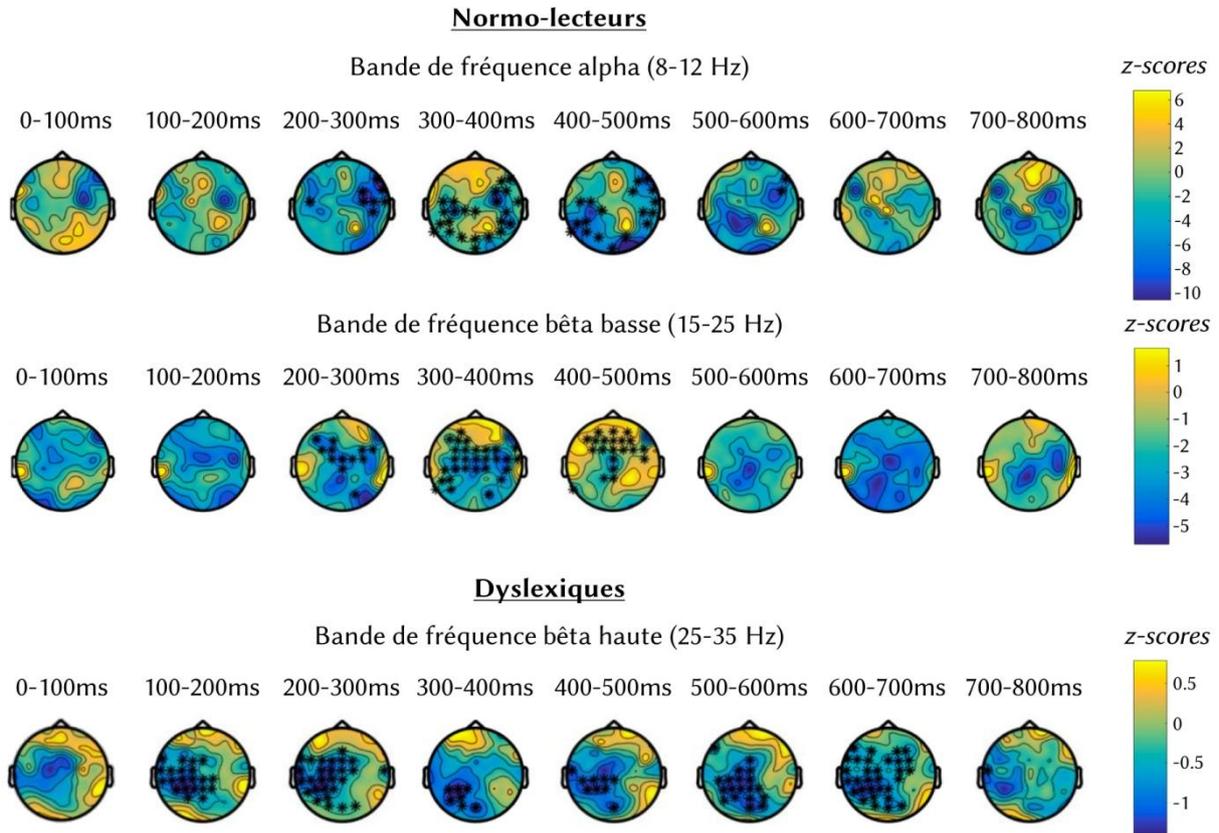


Figure 6.2 : Les topographies présentées dans la figure illustrent l'effet de consistance (inconsistant - consistant). Le signal EEG est synchronisé avec le début du mot-cible. Les topographies montrent les résultats (par pas de 100 ms) des tests de permutation à base de clusters sur l'activité évoquée effectués sur les bandes de fréquences individuelles. La partie haute de la figure présente les résultats obtenus chez les normo-lecteurs (en contexte incohérent uniquement). Les bandes de fréquence affichées sont (de haut en bas) la bande de fréquence alpha (8-12 Hz) et la bande de fréquence bêta basse (15-25 Hz). La partie basse de la figure présente les résultats obtenus chez les individus dyslexiques (en contexte prédictif uniquement) pour la bande de fréquence bêta haute (25-35 Hz). Les étoiles noires indiquent les groupes d'électrodes montrant un effet de consistance significatif.

Activité oscillatoire gamma basse (35-45 Hz)

L'analyse de l'activité oscillatoire gamma basse ne révèle aucun effet significatif de consistance orthographique dans aucune des deux populations ni aucun des trois contextes.

Activité oscillatoire gamma moyenne (55–80 Hz)

L'analyse de l'activité oscillatoire gamma moyenne ne révèle aucun effet significatif de consistance orthographique dans aucune des deux populations ni aucun des trois contextes.

Tableau 6.4 : Récapitulatif des résultats obtenus concernant l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations orthographiques pour chaque groupe, chaque contexte, et chaque bande de fréquence. Les résultats allant dans le sens inverse de nos prédictions sont indiqués en bleu.

	Normo-lecteurs			Dyslexiques		
	Contexte prédictif	Contexte neutre	Contexte incohérent	Contexte prédictif	Contexte neutre	Contexte incohérent
Activité alpha	<i>ns</i>	<i>ns</i>	Désynchronisation mots inconsistants > mots consistants	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Activité bêta basse	<i>ns</i>	<i>ns</i>	Désynchronisation mots inconsistants > mots consistants	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Activité bêta haute	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	Désynchronisation mots inconsistants > mots consistants	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Activité gamma basse	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Activité gamma moyenne	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

4. Discussion

Étant donné le caractère préliminaire des analyses présentées dans cette section, il est nécessaire d'interpréter les résultats obtenus avec précaution.

4.1. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible

L'une des questions ayant motivé cette étude était d'examiner en modalité auditive la façon dont la prédictibilité du contexte phrastique peut moduler le traitement d'un mot-cible chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. De précédentes recherches ont montré que par rapport à un contexte neutre, un mot-cible incohérent élicitait une désynchronisation de l'activité oscillatoire des bandes de fréquence bêta basse, gamma basse, et gamma moyenne, tandis qu'un mot-cible prédictible élicitait une plus forte synchronisation dans ces mêmes bandes de fréquence (Bastiaansen et al., 2010; Davidson & Indefrey, 2007; Hald et al., 2006; Luo et al., 2010; Peña & Melloni, 2012; Weiss & Mueller, 2003). Par ailleurs il a également été montré que chez les individus dyslexiques, l'activité gamma basse serait moins importante que chez les normo-lecteurs, tandis que l'activité gamma moyenne serait plus importante

(Lehongre et al., 2013, 2011). Nous avons donc envisagé que l'activité gamma basse pourrait être moins modulée par la prédictibilité du contexte phrastique chez les individus dyslexiques que chez les normo-lecteurs. En revanche, l'activité gamma moyenne pourrait être davantage modulée par la prédictibilité du contexte que chez les normo-lecteurs. De plus, les individus dyslexiques manifestant un déficit en mémoire verbale, nous avons également envisagé que l'activité oscillatoire bêta basse pourrait montrer une forte synchronisation chez cette population quelque soit le type de contexte.

Chez les normo-lecteurs, l'analyse des bandes de fréquence individuelles révèle une synchronisation plus importante en contexte prédictif qu'en contexte neutre pour les bandes de fréquence bêta haute (entre 0 et 400 ms), gamma basse (entre 100 et 800 ms), et gamma moyenne (entre 100 et 300 ms). Chez les individus dyslexiques en revanche, l'analyse par bande de fréquence individuelle révèle une désynchronisation plus importante en contexte prédictif qu'en contexte neutre pour les bandes de fréquence alpha (entre 400 et 800 ms), et bêta basse (entre 500 et 800 ms). La comparaison des contextes neutre et incohérent n'a révélé aucune différence significative pour aucun des deux types d'analyse ni aucun des deux groupes.

En ce qui concerne les bandes de fréquence gamma basse et gamma moyenne, chez les normo-lecteurs, les résultats obtenus en contexte prédictif sont globalement en accord avec nos prédictions ainsi qu'avec les résultats rapportés dans la littérature. En effet, différentes études montrent qu'un mot-cible rendu prédictible par le contexte élicite une plus forte synchronisation de l'activité oscillatoire dans les bandes de fréquence gamma basse et gamma moyenne (Hald et al., 2006; Lewis & Bastiaansen, 2015; Penolazzi et al., 2009; Wang et al., 2012). Cette plus forte synchronisation pourrait être due à la facilitation des opérations d'unification sémantique et syntaxique (Bastiaansen et al., 2011; Lewis & Bastiaansen, 2015; Peña & Melloni, 2012) et de la récupération de l'information lexico-sémantiques (Bastiaansen et al., 2011). Par ailleurs, dans ces deux bandes de fréquences l'effet de facilitation est observé dès 100 ms après le début du mot-cible ce qui suggère que le traitement sémantique du mot-cible est facilité dès les étapes précoces de traitement. Quant aux résultats plus inattendus obtenus dans la bande de fréquence bêta haute, il est également possible qu'une plus grande synchronisation de l'activité bêta haute reflète un traitement des représentations phonologiques plus efficace en contexte prédictif qu'en contexte neutre (Alho et al., 2014; Mai et al., 2016). De plus, cet effet est observé dès le début du mot-cible jusque 400 ms. Le décours temporel de cet effet de contexte suggère que

lorsque le mot-cible a pu être pré-activé grâce au contexte, le traitement de l'information phonologique serait rendu plus facile dès les premières étapes de traitement. Cependant, ces résultats doivent être interprétés avec prudence. En effet, atteindre les fréquences les plus basses (5 Hz) avec des essais relativement courts (i.e., 1400 ms) tout en conservant une résolution temporelle fiable ne nous permet pas d'obtenir une résolution fréquentielle optimale. Par conséquent, cette contrainte entre résolution fréquentielle et temporelle rend moins fiable la dissociation de l'activité oscillatoire des bandes de fréquence bêta basse et bêta haute (idem pour les bandes de fréquence alpha et bêta basse).

Chez les individus dyslexiques, l'observation d'une plus forte désynchronisation de l'activité oscillatoire bêta basse en contexte prédictif qu'en contexte neutre pourrait indiquer un encodage du stimulus en mémoire plus facile en contexte prédictif qu'en contexte neutre (Bonhage et al., 2017). De plus, une plus forte désynchronisation de l'activité oscillatoire alpha en contexte prédictif par rapport au contexte neutre peut également refléter un traitement plus facile du mot-cible (Strauß et al., 2014) et une moins grande nécessité d'inhiber l'activité neuronale non pertinente (Drijvers et al., 2016). Par ailleurs, cet effet de facilitation apparaît aux alentours de 400 ms dans la bande de fréquence alpha et de 500 ms dans la bande de fréquence bêta basse, suggérant que la pré-activation des représentations lexicales liées au mot-cible facilite des étapes de traitement du mot relativement tardives.

Bien qu'il s'agisse de résultats préliminaires, il semble intéressant de souligner le fait que la différence entre contexte prédictif et contexte neutre n'est pas observée sur les mêmes types de traitement chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. Tandis que cette différence est observée sur des bandes de fréquence reflétant des traitements de relativement bas niveau chez les individus dyslexiques (i.e., encodage du stimulus en mémoire), elle est observée sur des bandes de fréquence reflétant des traitements de plus haut niveau chez les normo-lecteurs (i.e., accès aux représentations lexico-sémantiques et processus d'unification sémantique et syntaxique). Ce pattern de résultats nécessite plus amples analyses afin de pouvoir être interprété de manière fiable. Cependant, ceci suggère que les déficits des traitements phonologiques des individus dyslexiques inciteraient ces individus à davantage engager les processus attentionnels lors du traitement du langage oral.

4.2. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations orthographiques

Cette étude avait pour second but d'examiner la façon dont la prédictibilité du contexte phrastique peut moduler la contribution des représentations orthographiques lors du traitement d'un mot parlé chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. À notre connaissance, cette étude est la première à examiner cette question via la manipulation de la consistance orthographique de la rime des mots. Cependant, sur la base des précédentes études ayant examiné les types de traitement associés aux différentes bandes de fréquence lors du traitement du langage, nous avons pu formuler différentes prédictions.

Étant donné qu'une désynchronisation de l'activité oscillatoire alpha a été associée à un traitement plus facile des mots, nous avons envisagé qu'en contexte neutre les mots orthographiquement consistants pourraient éliciter une plus grande désynchronisation de l'activité oscillatoire alpha que les mots inconsistants. De plus, étant donné que l'activité oscillatoire bêta haute a été associée aux traitements phonologiques, nous avons envisagé qu'en contexte neutre les mots orthographiquement consistants pourraient induire une plus forte synchronisation de l'activité oscillatoire bêta haute que les mots orthographiquement inconsistants. Concernant les contextes prédictifs et incohérents, deux hypothèses alternatives ont été envisagées. Si les représentations orthographiques influencent le traitement des mots parlés de manière précoce, l'effet de consistance orthographique pourrait être plus précoce et/ou plus important en contexte prédictif qu'en contexte neutre, et plus tardif en contexte incohérent qu'en contexte neutre. Si à l'inverse les représentations orthographiques n'influencent le traitement d'un mot parlé que lors de la désambiguïsation de l'information perçue, cette influence pourrait ne pas être observée en contexte prédictif et être plus importante en contexte incohérent qu'en contexte neutre.

Chez les individus dyslexiques, nous avons envisagé que l'influence des représentations orthographiques pourrait être plus tardive et/ou moins importante que chez les normo-lecteurs. De plus, étant donné que plusieurs études suggèrent que les individus dyslexiques s'appuieraient davantage sur le contexte sémantique que les normo-lecteurs, l'influence des représentations orthographiques pourrait être davantage modulée par la prédictibilité du contexte chez cette population que chez les normo-lecteurs. Cette influence pourrait être observée de manière plus précoce que chez les normo-lecteurs en contexte prédictif, et de manière plus tardive et/ou plus importante en contexte incohérent.

Chez les normo-lecteurs, les résultats révèlent une désynchronisation de l'activité oscillatoire alpha et bêta basse entre 200 et 500 ms lors du traitement des mots inconsistants par rapport aux mots consistants en contexte incohérent uniquement. Chez les individus dyslexiques, les résultats montrent une désynchronisation de l'activité oscillatoire bêta haute (entre 100 et 700 ms) lors du traitement des mots inconsistants par rapport aux mots consistants en contexte prédictif uniquement.

Il semble tout d'abord intéressant de noter que l'effet de consistance apparaît dans différents types de contexte chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. Encore une fois bien qu'il s'agisse de résultats préliminaires, le fait que chez les normo-lecteurs un effet de consistance soit observé uniquement en contexte incohérent suggère que chez cette population les représentations orthographiques n'influencent le traitement des mots parlés que lors de la désambiguïsation des représentations phonologiques. En revanche, chez les individus dyslexiques, l'observation d'un effet de consistance orthographique en contexte prédictif uniquement suggère que les représentations orthographiques n'influencent le traitement des mots parlés que lorsque le contexte phrastique en a permis la pré-activation.

Cependant, chez les normo-lecteurs, l'effet de consistance observé dans la bande de fréquence alpha va dans le sens inverse de ce qui était attendu. En effet dans cette bande de fréquence, une désynchronisation de l'activité oscillatoire a été associée à un traitement plus facile ainsi qu'à une moindre inhibition de l'activité neuronale non pertinente. Nous nous attendions donc à ce que les mots consistants élicitent une plus grande désynchronisation que les mots inconsistants. De même, bien que nous n'ayons pas fait de prédiction quant au sens de l'effet de consistance dans la bande de fréquence bêta basse, certaines études suggèrent qu'une plus grande désynchronisation de l'activité oscillatoire dans cette bande de fréquence reflète un encodage plus facile et/ou efficace du stimulus en mémoire (Bonhage et al., 2017; Hanslmayr et al., 2016, 2012). L'observation d'une désynchronisation plus importante de l'activité oscillatoire lors du traitement de mots inconsistants que lors de celle de mots consistants dans cette bande de fréquence semble donc également contredire nos hypothèses. Cependant, l'exploration visuelle de nos données révèle la présence d'une très forte activité alpha. Les résultats obtenus dans la bande de fréquence bêta basse pourraient donc également refléter une contamination de cette bande de fréquence par l'activité oscillatoire très forte de la bande de fréquence alpha.

Chez les individus dyslexiques, l'observation d'une désynchronisation plus importante de l'activité oscillatoire bêta haute lors du traitement des mots inconsistants par rapport aux mots consistants suggère un coût de traitement des représentations phonologiques moins important pour les mots inconsistants que pour les mots consistants (Mai et al., 2016). Cette observation semble également contredire nos hypothèses.

Toutefois, il semble important de remarquer que dans les deux populations, l'effet de consistance obtenus dans la tâche de décision lexicale présentée dans le Chapitre 5 était inversé par rapport à ce qui est rapporté par la majorité des études (i.e., amplitude plus négative pour les consistants que pour les mots inconsistants). Étant donné que les mots-cibles utilisés dans l'étude présentée dans ce chapitre sont les mêmes que ceux utilisés dans l'étude présentée dans le Chapitre 5, l'effet de consistance devrait aller dans le même sens dans les deux études. Ceci semble en effet être le cas. Dans le Chapitre 5, nous avons envisagé que cet effet pourrait provenir du nombre de voisins phonographiques des mots-cibles. En effet, parmi les mots sélectionnés, les mots orthographiquement consistants avaient tendance à avoir davantage de voisins phonographiques que les mots orthographiquement inconsistants (cf. Tableau 5.4, Chapitre 5). Chez les normo-lecteurs, l'absence de corrélation entre le nombre de voisins phonographiques et l'amplitude des PE semble invalider cette hypothèse (Figure 5.5, Chapitre 5). En revanche chez les individus dyslexiques, la présence d'une corrélation entre ces deux facteurs semble indiquer que l'amplitude des PE est influencée par le nombre de voisins phonographiques des mots-cibles. Chez cette population, les mots-cibles élicitant des PE de plus grande amplitude étaient ceux ayant un nombre de voisins phonographiques plus important. L'observation d'une plus forte désynchronisation de l'activité bêta haute lors du traitement des mots inconsistants pourrait également être mise en lien avec le nombre de voisins phonographiques des stimuli. Si une plus forte désynchronisation de l'activité oscillatoire bêta haute reflète un coût de traitement des représentations phonologiques moins important, une plus grande désynchronisation lors du traitement de mots inconsistants que lors de celui de mots consistants pourrait être liée à l'activation (complète ou partielle) des représentations phonologiques associées aux voisins phonographiques des mots-cibles.

5. Conclusion

Bien qu'il soit difficile de conclure sur la base de résultats préliminaires, les résultats obtenus dans cette étude semblent souligner plusieurs points intéressants.

Premièrement, l'influence de la prédictibilité du contexte ne semble pas affecter les mêmes niveaux de traitement chez chacune des deux populations étudiées. Chez les individus dyslexiques, l'effet facilitateur élicité par le contexte prédictif a été observé sur des bandes de fréquence reflétant des traitements de relativement bas niveau. À l'inverse chez les normo-lecteurs, cette influence a été observée sur des bandes de fréquences reflétant des traitements de plus haut niveau.

Deuxièmement, le fait que chez les normo-lecteurs un effet de consistance orthographique soit observé uniquement en contexte incohérent suggère que les représentations orthographiques n'influencent le traitement des mots parlés que lors de la désambiguïsation des représentations phonologiques.

Et enfin, le fait que chez les individus dyslexiques un effet de consistance orthographique soit observé en contexte prédictif uniquement suggère que les représentations orthographiques n'influencent le traitement des mots parlés que lorsque le contexte phrastique en a permis la pré-activation.

Cependant, de plus amples analyses semblent nécessaires afin de confirmer ces résultats et en assurer la validité.

CHAPITRE 7.

L'influence des représentations phonologiques sur le traitement de mots écrits

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons d'examiner l'influence des représentations phonologiques lors du traitement de mots écrits chez les adultes dyslexiques et normo-lecteurs de niveau universitaire.

1.1. Cadre théorique

La reconnaissance des mots écrits est l'un des sujets qui a été le plus étudié dans le domaine de la recherche en psychologie cognitive et il existe de nombreux modèles proposant d'expliquer les mécanismes cognitifs impliqués dans leur traitement. À l'heure actuelle, trois modèles sont particulièrement influents : 1) le modèle à double voie (Coltheart et al., 2001), particulièrement utilisé dans le domaine de l'évaluation cognitive et neuropsychologique de la lecture ; 2) le modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 2004; Seidenberg & McClelland, 1989), principalement utilisé dans le domaine de la recherche sur les processus cognitifs et les réseaux neuronaux impliqués dans la reconnaissance des mots ; et 3) le modèle du lecteur E-Z (Reichle et al., 2003), qui est utilisé dans le domaine de la recherche en mouvements oculaires et des processus cognitifs impliqués dans la lecture.

Le modèle à double voie est particulièrement utilisé pour l'interprétation des déficits observés en lecture chez les individus dyslexiques. Ce modèle postule que la maîtrise de deux procédures de lecture (i.e., les procédures phonologique et orthographique) est nécessaire à l'acquisition de la lecture experte et qu'une difficulté persistante à lire de manière fluide peut être appréhendée comme une difficulté ou incapacité à acquérir l'une des composantes de ces deux procédures. Dans ce cadre, les difficultés des individus dyslexiques peuvent être conçues comme une difficulté à appliquer les règles de conversion grapho-phonémiques de manière automatique. Cette difficulté du recours à la procédure de décodage se manifeste notamment par des performances plus basses en lecture de pseudomots (Howland & Liederman, 2013), par des difficultés à estimer qu'un

pseudohomophone se prononce de la même manière qu'un mot réel (Bergmann & Wimmer, 2008), et par une sous-activation des aires cérébrales impliquées dans les traitement phonologiques en lecture de mots (Paz-Alonso et al., 2018; Salmelin et al., 1996). Cependant un nombre croissant d'études suggère que les individus dyslexiques auraient également des difficultés à recourir à la procédure orthographique, ce qui se manifeste notamment par l'observation d'un effet de longueur des mots en lecture de mots fréquents (Araújo et al., 2014), par de mauvaises performances en reconnaissance de mots phonologiquement inconsistants (Kunert & Scheepers, 2014), par des difficultés à reconnaître l'orthographe correct d'un mot (Bergmann & Wimmer, 2008), et par une sous-activation des aires cérébrales impliquées dans les traitement orthographiques (Paulesu et al., 2014; Paz-Alonso et al., 2018; Richlan, 2012; Richlan et al., 2011).

Le modèle connexionniste en triangle en revanche est principalement utilisé dans les études examinant la reconnaissance des mots chez les normo-lecteurs. L'une des hypothèses centrale de ce modèle est que la lecture experte nécessite la contribution conjointe des représentations phonologiques et sémantiques (Harm & Seidenberg, 2004; Plaut, 2008). Cette hypothèse prédit notamment que les différences interindividuelles quant aux compétences relatives aux traitements phonologiques et sémantiques pourraient moduler la contribution de chacun de ces deux types de traitement à la reconnaissance des mots (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Malins et al., 2016; Welcome & Alton, 2015; Woollams et al., 2016). Plusieurs études fournissent des données empiriques semblant confirmer cette hypothèse. Au niveau comportemental, certaines études suggèrent que, pendant la lecture, les individus ayant de meilleures capacités sémantiques que phonologiques s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique tandis que les individus exhibant le profil cognitif inverse s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie (Woollams et al., 2016). Cette hypothèse semble également appuyée par des études en neuro-imagerie montrant que les différences interindividuelles quant aux compétences sémantiques et phonologiques prédisent le degré d'activations des régions temporale antérieure gauche – liées aux traitements sémantiques – et précentrale gauche – liées à l'association des représentations orthographiques et phonologiques (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Malins et al., 2016).

Le modèle du lecteur E-Z quant à lui offre un cadre intéressant concernant la mise en correspondance des mouvements oculaires et des processus cognitifs impliqués dans la lecture. D'après ce modèle, la reconnaissance d'un mot s'effectue en deux stades : le stade de

vérification de la familiarité orthographique (i.e., L1) et le stade de l'accès au lexique (i.e., L2). Ce modèle postule notamment que la complétion du stade L1 permet à la fois la programmation d'une saccade vers le mot suivant (saccade elle-même composée de deux stades, M1, stade labile, et M2, stade non-labile) et la progression vers le stade de traitement L2. Le modèle prédit donc que si le stade L1 n'est pas complété avant la fin de la première fixation sur le mot (empêchant non seulement la programmation de la saccade au mot suivant mais également la progression vers le stade de traitement L2), le lecteur fera plusieurs fixations sur le même mot avant de passer au suivant. Dans le cadre du modèle à double voie, le fait que les stades de traitement L1 et L2 soient complétés en une seule fixation peut être interprété comme un recours à la procédure orthographique. En revanche, le fait qu'un lecteur fasse plusieurs fixations sur un même mot avant de le quitter peut être interprété comme un recours à la procédure de décodage (Hawelka et al., 2010). Il semble important de noter ici que le modèle du lecteur E-Z a été élaboré dans le but de rendre compte des mouvements oculaires en lecture de phrase ou de texte, et non en reconnaissance de mots isolés. Cependant le modèle à double voie et le modèle en triangle postulent tout deux qu'un mot fréquent sera reconnu principalement sur la base de sa forme orthographique. Dans le cadre du modèle du lecteur E-Z, cela implique qu'une seule fixation sur le mot sera nécessaire puisque la complétion des stades L1 et L2 sera effectuée de manière rapide. Dans une tâche de décision lexicale impliquant la reconnaissance de mots courts et fréquents, nous pouvons donc supposer qu'une seule fixation suffira à reconnaître un mot, particulièrement chez les normo-lecteurs n'ayant a priori aucune difficulté avec l'application de la procédure orthographique.

Dans notre étude, nous avons manipulé la consistance phonologique des mots-cibles et présenté aux participants une tâche de décision lexicale. Les précédentes études ayant examiné l'influence de la consistance phonologique sur la reconnaissance des mots fournissent des résultats contradictoires. En tâche de dénomination, de nombreux travaux reportent que les temps de latence sont plus importants pour les mots inconsistants que pour les mots consistants (Andrews, 1982; Balota et al., 2004; Graves et al., 2010; Jared, 1997, 2002; Jared et al., 1990; Lacruz & Folk, 2004; Massaro & Jesse, 2005). En tâche de décision lexicale en revanche, certaines études observent un effet de consistance phonologique au niveau des temps de réaction (Andrews, 1982; Lacruz & Folk, 2004; Perry, 2003; Stone et al., 1997; Ziegler et al., 1997), d'autres non (Balota et al., 2004; Peereman et al., 1998; Pexman et al., 2002; Taft & van Graan, 1998; Ziegler et al., 2008). Plusieurs hypothèses ont été avancées

afin d'expliquer cette disparité entre les différentes études : manque de contrôle de la fréquence et du degré de familiarité ou des clusters consonantiques constituant l'attaque des stimuli. Cependant, les résultats des études menées par Woollams et collègues (2016) et Hoffman et collègues (2015) suggèrent que cette disparité pourrait également provenir de différences interindividuelles. De plus, les mesures de temps de réaction et de taux de réponses correctes sont des mesures globales correspondant à la somme de différents types de traitement. Ces mesures pourraient donc être moins sensibles à l'influence de la consistance phonologique que d'autres mesures plus fines permettant l'analyse du décours temporel des différents types de traitement impliqués dans la reconnaissance des mots (e.g., les mouvements oculaires ou les réponses EEG).

Chez les individus dyslexiques, la grande majorité des études ayant examiné les interactions entre représentations orthographiques et phonologiques en lecture de mots ont manipulé la régularité des règles de conversion grapho-phonémiques (Martin et al., 2010; Metsala, Stanovich, & Brown, 1998; Snowling, 2000). Cependant, la taille des unités orthographiques impliquées dans les deux types de manipulation est différente et certaines études montrent que les normo-lecteurs sont davantage affectés par la manipulation de la consistance phonologique des rimes que par celle de la régularité des règles de conversion grapho-phonémiques (Cortese & Simpson, 2000; Jared, 2002). La seule étude, à notre connaissance, ayant exploré l'influence de la consistance phonologique chez les adultes dyslexiques reporte que, chez cette population, les temps de reconnaissance ainsi que le taux de réponses correctes sont affectés par la consistance phonologique des mots, tandis que chez les normo-lecteurs cette variable n'affecte que les temps de reconnaissance (Kunert & Scheepers, 2014). Selon les auteurs, le fait que le taux de réponses correctes des individus dyslexiques soit également affecté par la consistance phonologique des mots corrobore l'hypothèse d'un déficit des traitements phonologiques.

Comme mentionné précédemment, dans l'expérience présentée dans ce chapitre, les participants dyslexiques et normo-lecteurs ont effectué une tâche de décision lexicale visuelle dans laquelle la consistance phonologique de la rime des mots a été manipulée. Durant cette tâche, nous avons enregistré le taux de réponses correctes ainsi que les mouvements oculaires des participants. Les participants avaient pour consigne de répondre avec le regard si le mot présenté était un mot réel ou non. Par exemple, regarder le point situé en haut à droite de l'écran pour un mot réel, et le point en bas à droite pour un pseudomot (cf. Figure 7.1 de la section 2.1). Les différentes mesures fournies par

l'enregistrement des mouvements oculaires nous permettent d'analyser de manière fine le déroulement temporel du traitement des mots. Par ailleurs, l'un des principaux avantages de l'utilisation de cette technique en tâche de lecture est son aspect écologique, notamment en lecture de phrases ou de textes. La technique de l'EEG par exemple permet également d'étudier de manière précise le déroulement temporel des différents stades de traitement d'un stimulus. Cependant, contrairement à l'enregistrement des mouvements oculaires, cette technique ne permet pas de présenter tous les mots d'une phrase de manière simultanée sans introduire d'artefacts liés aux mouvements oculaires. Cette considération peut paraître peu pertinente dans le cadre d'une tâche de décision lexicale dans laquelle les stimuli sont présentés de manière isolée. Toutefois, l'un des objectifs de cette expérience est de comparer l'influence des représentations phonologiques en lecture de mots isolés et en lecture de phrases (Chapitre 8). Nous avons donc choisi d'utiliser l'enregistrement des mouvements oculaires dans les deux expériences.

1.2. Les marqueurs de la lecture de mots en mouvements oculaires

Dans cette section, nous présentons différentes mesures de mouvements oculaires reflétant différentes étapes de traitements de la reconnaissance des mots, de la plus précoce à la plus tardive. Étant donné les très nombreuses mesures fournies par cette technique, nous ne proposons pas ici une liste exhaustive. Les marqueurs présentés sont ceux sur lesquels nous nous concentrerons lors des analyses. Dans cette étude, les mots sont présentés en isolation. Par conséquent, les mesures présentées ci-dessous reflètent le déroulement temporel de la reconnaissance du mot, et non de son intégration dans un contexte phrastique. En lecture de phrases, ces mesures sont généralement interprétées comme reflétant des stades de traitement relativement précoces (Clifton et al., 2007), ce qui n'est pas nécessairement le cas dans cette étude. Il semble également important de noter ici qu'étant donné que les mots étaient présentés en isolation, toutes les mesures ont été recueillies pendant le premier passage de lecture.

Durée de la fixation unique (*single-fixation duration*)

Cette mesure est définie comme la durée de la seule fixation du lecteur sur un mot. Dans le cadre du modèle du lecteur E-Z, le fait qu'un mot ne reçoive qu'une seule fixation indique que les stades de traitement L1 et L2 ont tout deux été complétés durant cette fixation unique. Par conséquent cette mesure représente la somme de différents types de traitements (Boston, Hale, Kliegl, Patil, & Vasishth, 2008; Rahmanian & Kuperman, 2017) et,

mise en lien avec le modèle à double voie, suggère le recours à la procédure orthographique (Hawelka et al., 2010). Dans le cadre de l'étude de la reconnaissance de mots isolés, cette mesure peut être interprétée comme une mesure tardive de la reconnaissance du mot (puisque'elle ne représente pas uniquement les stades de traitement précoces ; Colé et al., 2003).

Durée de la première fixation

Cette mesure est définie comme la durée de la première fixation faite sur le mot lorsque le participant en a fait plusieurs. D'après le modèle du lecteur E-Z, c'est la complétion du stade de traitement L1 (i.e., vérification de la familiarité orthographique) qui permet d'initier la programmation de la saccade. Si le stade L1 n'est pas complété avant la fin de la première fixation, le lecteur fera une seconde fixation sur le mot. Ceci a notamment été interprété en lien avec le modèle à double voie comme un indice du recours à la procédure de décodage (Hawelka et al., 2010). Cette mesure est considérée comme reflétant un stade de traitement précoce du mot (Clifton et al., 2007; Sparrow & Mielllet, 2002), c'est la première mesure des traitements de décodage et de l'accès lexical (Kuperman, Schreuder, Bertram, & Baayen, 2009; Rahmanian & Kuperman, 2017). Les facteurs influençant cette mesure sont susceptibles d'être ceux utilisés lors de l'accès au stade de reconnaissance du mot (Colé et al., 2003). Chez les normo-lecteurs, la durée de la première fixation est notamment influencée par les représentations phonologiques (Inhoff & Topolski, 1994; Jared et al., 1999; Rayner et al., 1998; Sparrow & Mielllet, 2002) et par la fréquence des mots (Rayner et al., 1998).

Durée de la seconde fixation

Cette mesure est définie comme la durée de la seconde fixation que le lecteur fait sur le mot. Selon le modèle du lecteur E-Z, un mot est fixé plusieurs fois au sein du premier passage de lecture si l'accès au lexique orthographique n'a pas pu être complété lors de la première fixation. Dans ce cas, tout comme la durée de la première fixation, cette mesure est susceptible d'indiquer le recours à la procédure de décodage (Hawelka et al., 2010). Quoiqu'il en soit, cette mesure reflète un stade de traitement relativement tardif puisqu'un premier traitement du mot a déjà été effectué lors de la première fixation.

Gaze duration

La mesure de la *gaze duration* est définie comme la somme des durées de toutes les fixations sur un mot-cible donné avant que le regard du lecteur ne quitte ce mot. C'est une

mesure globale de la difficulté de traitement lexical (Hawelka et al., 2010; Kuperman et al., 2009) représentant la somme de différents types de traitements (Boston et al., 2008; Rahmanian & Kuperman, 2017). En ce sens, cette mesure est similaire à la durée de la fixation unique et représente une mesure tardive de la reconnaissance du mot. Cependant, elle inclut à la fois les mots ayant été reconnu par le biais d'une seule fixation et ceux dont la reconnaissance en a nécessité plusieurs. Par ailleurs, étant donné que nous nous intéressons à la reconnaissance de mots présentés en isolation, cette mesure (tout comme la durée de la fixation unique) représente le temps total de lecture.

Probabilité de refixation

Cette mesure est définie comme la probabilité que le lecteur fasse une seconde fixation sur un mot avant de le quitter. Le modèle du lecteur E-Z prédit qu'un mot est refixé lorsque le stade M2 de la saccade (i.e., stade non-labile) est complété avant la fin du stade de traitement L1 (i.e., vérification de la familiarité orthographique du mot ; Hawelka et al., 2010; Reichle, Rayner, & Pollatsek, 1999). Mise en lien avec le modèle à double voie, cette mesure peut être interprétée comme un indice de la proportion de mots ayant été lus par le biais de la procédure de décodage et par celui de la procédure orthographique (Hawelka et al., 2010).

1.3. Hypothèses & prédictions

Dans cette étude, notre objectif est de mesurer la contribution et le décours temporel des représentations phonologiques lors de la reconnaissance de mots présentés en isolation. Les participants ont effectué une tâche de décision lexicale dans laquelle la consistance phonologique des mots-cibles a été manipulée. Le taux de réponses correctes ainsi que les mouvements oculaires ont été enregistrés. Un tel paradigme nous permet d'étudier trois questions principales. 1) Chez les normo-lecteurs, quel est le décours temporel de l'éventuelle influence des représentations phonologiques en reconnaissance de mots isolés ? 2) Chez les individus dyslexiques de niveau universitaire qui manifestent des déficits des traitements phonologiques et orthographiques, quelle est l'influence des représentations phonologiques lors du traitement visuel de mots isolés ? Et 3) la contribution des représentations phonologiques en reconnaissance de mots écrits est-elle différente chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs ?

Une série de prétests a été administrée aux participants lors de leur recrutement dans le but d'examiner leurs capacités en lecture, en conscience phonologique, en mémoire

verbale à court-terme, en lecture de mots irréguliers, en décodage, et en vocabulaire. La mesure de ces capacités a été effectuée dans le but de confirmer l'appartenance des participants à l'un des deux groupes étudiés (i.e., dyslexiques et normo-lecteurs ; Tableau 5.1, Chapitre 5). L'évaluation de ces capacités nous permet également d'explorer si et dans quelle mesure ces compétences peuvent moduler l'influence des représentations phonologiques sur la reconnaissance des mots.

Chez les normo-lecteurs, de nombreuses études suggèrent que la lecture d'un mot active de manière rapide, automatique, et irrépessible, les représentations phonologiques qui y sont associées (Pattamadilok et al., 2017; Perea et al., 2015). Par ailleurs chez cette population, les modèles classiques de la lecture prédisent également une activation automatique des représentations phonologiques dès les premiers stades de la reconnaissance des mots écrits (Reichle et al., 2003, 2009; Sheridan & Reichle, 2016). Tenant compte de ces résultats, nous pouvons faire l'hypothèse que, chez les normo-lecteurs, l'effet de consistance phonologique pourrait être observé sur la durée de la première fixation.

Cependant, certaines études suggèrent que l'activation des représentations phonologiques pourrait dépendre des capacités phonologiques et sémantiques du lecteur (Hoffman et al., 2015; Strain & Herdman, 1999; Woollams et al., 2016). Les normo-lecteurs avec de bonnes capacités sémantiques et des capacités phonologiques relativement basses (comparé aux autres normo-lecteurs) semblent s'appuyer d'avantage sur les connexions entre les représentations orthographiques et sémantiques lors de la lecture d'un mot à haute voix. En revanche, les normo-lecteurs montrant le profil opposé (i.e., de bonnes capacités phonologiques et de moins bonnes capacités sémantiques) semblent s'appuyer d'avantage sur les connexions entre les représentations orthographiques et phonologiques (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016; Plaut & Booth, 2000; Strain & Herdman, 1999; Welcome & Alton, 2015; Welcome & Joanisse, 2012; Woollams et al., 2016). Dans notre étude, les prétests administrés nous permettent de distinguer les normo-lecteurs ayant de meilleures capacités phonologiques que sémantique (par la suite, « lecteurs phonologiques ») de ceux exhibant le profil inverse (par la suite, « lecteurs sémantiques » ; Tableau 7.3, ce chapitre). Si les résultats rapportés par ces différentes études sont généralisables à l'échantillon de population recruté dans cette étude, nous pouvons nous attendre à ce que les lecteurs phonologiques montrent un effet de consistance dès les stades précoces de reconnaissance des mots (i.e., durée de la première fixation). A l'inverse,

les lecteurs sémantiques semblent plus susceptibles de contourner l'activation des représentations phonologiques et de ne montrer aucun effet de consistance.

Chez les individus dyslexiques, les prédictions semblent moins claires étant donné que cette population manifeste à la fois des déficits des traitements phonologiques et orthographiques (Bergmann & Wimmer, 2008; Paz-Alonso et al., 2018). Cependant, un nombre croissant d'études suggère que ces individus souffrent d'un déficit des traitements orthographiques précoces et ont davantage recours que les normo-lecteurs à la procédure de décodage lors de la reconnaissance des mots (Araújo et al., 2014; Hawelka et al., 2010). Il est donc envisageable que les individus dyslexiques soient davantage affectés par la consistance phonologique des mots que les normo-lecteurs. Néanmoins, ces individus souffrent également de déficits des traitements phonologiques (Saksida et al., 2016; Swanson, 2012). L'activation des représentations phonologiques pourrait donc être retardée et n'affecter que les stades tardifs de la reconnaissance des mots (i.e., durée de la seconde fixation et/ou *gaze duration*). Par ailleurs, si les individus dyslexiques ont davantage recours à la procédure de décodage que les normo-lecteurs, il est également possible que la probabilité de refixation soit plus importante chez cette population que chez les normo-lecteurs (Hawelka et al., 2010).

2. Méthode

2.1. Participants

Les participants ayant pris part à cette étude sont les mêmes que lors des tâches en modalité auditive (Chapitre 5 et 6, description Chapitre 5).

2.2. Matériel

Quarante mots monosyllabiques ont été sélectionnés à partir de la base de données *lexique.org* (New et al., 2001) et divisés en deux conditions : 20 mots phonologiquement consistants et 20 mots phonologiquement inconsistants (Ziegler et al., 1996). La liste des stimuli sélectionnés est disponible en annexe (Annexe C). Les mots consistants et inconsistants ont été sélectionnés par paire et appariés deux à deux en genre et en fréquence. Au sein de chaque paire, les deux mots commençaient par le même phonème. En moyenne, les conditions étaient appariées sur la fréquence logarithmique des bigrammes (fréquence *token* et *type*), la fréquence logarithmique orale et écrite, et le nombre de voisin

orthographiques (cf. Tableau 7.1). En revanche, les conditions n'ont pas pu être appariées sur plusieurs variables : le nombre de lettres et de phonèmes, le nombre de voisins phonologiques, et les points d'unicité orthographique et phonologique. Cependant, lorsque les deux conditions n'étaient pas appariées, nous nous sommes assurées que les l'influence de ces variables aille dans le sens inverse de l'effet de consistance phonologique attendu. De plus lors des analyses, nous avons testé si ces variables amélioraient l'ajustement du modèle aux données et, lorsque c'était le cas, nous les avons incluses aux modèles.

Tableau 7.1 : Caractéristiques des mots consistants et inconsistants, écart-types entre parenthèses.

	Mots consistants	Mots inconsistants	Valeurs de <i>t</i>	Valeurs de <i>p</i>
Fréquence <i>token</i> des bigrammes (log)	3.72 (0.17)	3.72 (0.24)	0.067	.95
Fréquence <i>type</i> des bigrammes (log)	4.23 (0.23)	4.21 (0.32)	0.128	.90
Fréquence écrite (log)	1.54 (0.47)	1.42 (0.83)	0.539	.59
Fréquence auditive (log)	1.37 (0.54)	1.37 (0.88)	0.01	.99
Nombre de lettres	5.4 (0.75)	4.3 (1.08)	3.488	.002
Nombre de phonèmes	3.7 (0.47)	3.2 (0.62)	2.939	.008
Nombre de voisins orthographiques	5.75 (4.04)	6.2 (4.71)	-0.37	.72
Nombre de voisins phonologiques	9.25 (5.75)	15.2 (8.08)	-3.081	.006
Point d'unicité orthographique	5.35 (0.81)	4.25 (1.07)	3.317	.004
Point d'unicité phonologique	3.7 (0.47)	3.2 (0.62)	2.939	.008

Pour les besoins de la tâche, 40 pseudomots ont été créés. Les mots et pseudomots ont été appariés en moyenne en terme de nombre de lettres et de phonèmes, de fréquence logarithmique des bigrammes (fréquence *token* et *type*), de point d'unicité phonologique, et de nombre de voisins orthographiques et phonologiques (cf. Tableau 7.2). La consistance phonologique des pseudomots n'a pas été manipulée. Nous ne les avons donc pas pris en compte lors des analyses.

Tableau 7.2 : Caractéristiques moyennes des mots et pseudomots, écart-types entre parenthèses.

	Mots	Pseudomots	Valeurs de <i>t</i>	Valeurs de <i>p</i>
Fréquence <i>token</i> des bigrammes (log)	3.72 (0.21)	3.67 (0.35)	0.689	.49
Fréquence <i>type</i> des bigrammes (log)	4.21 (0.27)	4.15 (0.43)	0.686	.49
Nombre de lettres	4.85 (1.08)	4.85 (1.08)	0	1
Nombre de phonèmes	3.45 (0.59)	3.50 (0.55)	-0.404	.69
Nombre de voisins orthographiques	5.98 (4.34)	4.43 (3.84)	1.793	.08
Nombre de voisins phonologiques	12.23 (7.55)	10.60 (6.91)	1.101	.28

	Mots	Pseudomots	Valeurs de <i>t</i>	Valeurs de <i>p</i>
Point d'unicité/déviaton orthographique	4.80 (1.09)	4.23 (0.73)	2.759	.009
Point d'unicité/déviaton phonologique	3.45 (0.59)	3.40 (0.55)	0.388	.70

2.3. Procédure

Les participants ont été testés individuellement dans une pièce faiblement éclairée. Ils étaient assis à une distance de 60 cm de l'écran et appuyés sur une mentonnière et un repose-front. La position du regard des participants a été mesurée à 1000 Hz à l'aide de l'appareil de traque des mouvements oculaires *EyeLink 1000* (Tours Eyelink 1000 distribuée par SR Research Ltd., Mississauga, Ontario, Canada). Avant chaque session expérimentale, une calibration à 9 points ainsi qu'une validation ont été effectuées et répétées jusqu'à ce que l'erreur de validation soit inférieure à 1° en moyenne et à 1.5° pour les points ayant la moins bonne calibration. Les données oculaires ont été enregistrées à l'aide du logiciel *Data Viewer* (SR Research Ltd.). Seule la position de l'œil dominant a été enregistrée.

Les stimuli étaient affichés au centre d'un écran CRT de 21 pouces (ViewSonic P227f, taux de rafraîchissement = 85Hz, résolution = 1600*1200 pixels), en noir (luminance : 0.3 cd/m²) sur un fond gris clair (luminance : 60 cd/m²) dans une police *Courrier New* (x-height = 0.25°). Les participants ont été informés qu'ils devaient limiter leurs mouvements au maximum durant toute la durée de l'expérience et cligner des yeux entre les essais. Ils avaient pour consigne de décider le plus vite et le plus précisément possible si le stimulus présenté était un mot réel ou non. La moitié des participants devaient répondre « oui » en regardant le point situé en haut à droite de l'écran, et « non » en regardant le point en bas à droite (voir Figure 7.1), tandis que l'autre moitié des participants recevait la consigne inverse.

Au début de chaque essai, deux barres verticales étaient affichées au centre de l'écran (cf. Figure 7.1). Les participants devaient fixer l'emplacement entre les deux barres (point de fixation, une fenêtre invisible d'un degré au centre de l'écran). Une fois prêts, les participants appuyaient sur le bouton central du boîtier réponse situé en face d'eux tout en gardant le regard fixé sur le point de fixation au centre de l'écran. Après que le participant ait appuyé sur le bouton central, le stimulus était immédiatement affiché au centre de l'écran et restait visible jusqu'à ce que le participant donne sa réponse.

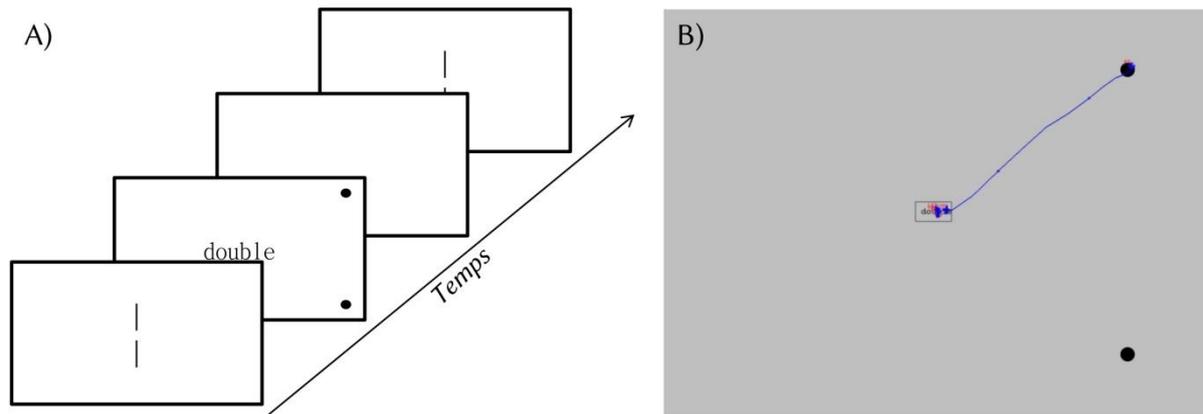


Figure 7.1 : Le panel A) illustre le déroulement temporel d'un essai. Le panel B) représente une capture d'écran de la présentation d'un stimulus. La zone située à l'intérieur du rectangle gris (qui n'était pas visible par les participants) correspond à la région d'intérêt utilisée lors des analyses. La ligne bleue représente la trajectoire des yeux des participants du mot au point-réponse. Les cercles rouges représentent les fixations des participants.

L'expérience a été divisée en deux blocs de 40 stimuli (10 mots consistants, 10 mots inconsistants, et 20 pseudomots). A l'intérieur de chaque bloc, les stimuli étaient pseudo-randomisés de manière à ce qu'une condition donnée n'apparaisse pas plus de trois fois consécutives. Une nouvelle pseudo-randomisation a été effectuée pour chaque paire de participants (dyslexique et normo-lecteur appariés). Deux essais factices (buffers) supplémentaires ont été ajoutés au début de chaque bloc (non inclus dans les analyses) afin de s'assurer de l'attention des participants avant de collecter les données. Chaque séance a commencé par une session d'entraînement contenant 13 mots et 13 pseudomots pendant laquelle un feedback était donné au participant. Une fois l'entraînement terminé les participants ne recevaient plus de feedback.

2.4. Analyses et prétraitements

Tout comme lors des analyses exposées dans les deux chapitres précédents, les données de l'une des participantes dyslexiques ont été exclues des analyses sur la base des performances obtenues lors de la session prétests (performances inférieures à la moyenne du groupe -2.5 écarts-types). De plus, pour les analyses présentées dans ce chapitre, les données d'une autre participante dyslexique ont été exclues du fait d'un pattern oculomoteur incohérent (i.e., fixations extrêmement courtes et de nombreuses saccades à l'extérieur de la région d'intérêt du mot). Par conséquent, les données des participantes normo-lectrices qui leurs étaient appariés ont également été supprimées. Par ailleurs, deux mots inconsistants (ainsi que les mots consistants qui leurs étaient associés) ont été supprimés des analyses du fait d'un taux d'erreurs inhabituellement élevé ($> 31\%$).

Deux analyses ont été menées. Pour chacune de ces deux analyses, six variables dépendantes ont été considérées : le taux de bonnes réponses, la probabilité de refixation, la *gaze duration*, la durée de la fixation unique, la durée de la première fixation, et la durée de la seconde fixation. Les quatre premières variables nous renseignent sur les processus globaux de la reconnaissance des mots écrits, tandis que les deux dernières sont des mesures plus fines et nous renseignent sur le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques.

Dans la première analyse, nous avons comparé les performances ainsi que le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. Dans la seconde analyse, nous testons l'hypothèse selon laquelle le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques lors de la lecture pourrait différer au sein des individus normo-lecteurs. En nous basant sur les hypothèses formulées par de récentes études (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016; Plaut & Booth, 2000; Strain & Herdman, 1999; Welcome & Alton, 2015; Welcome & Joanisse, 2012; Woollams et al., 2016), nous avons tenté de diviser les normo-lecteurs en deux sous-groupes (i.e., lecteurs phonologiques et lecteurs sémantiques).

Exploration des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs

La division des normo-lecteurs en deux sous-groupes est basée sur les performances obtenues lors de la séance de prétests aux tâches de dénomination de pseudomots (représentant les capacités de décodage phonologique) et de vocabulaire (représentant les capacités sémantiques). En effet, l'analyse des performances obtenues lors de la session de prétests révèle une corrélation négative entre ces deux variables chez les normo-lecteurs ($r = -0.39$, $p < .05$). Pour chacune de ces variables (i.e., capacités de décodage et niveau de vocabulaire), nous avons calculé la médiane du groupe et l'avons soustraite au score de chaque participant. Sur la base de ce calcul, nous avons classé chaque participant de 1 à 28 (de la valeur la plus haute à la valeur la plus faible).

Afin de pouvoir prendre en compte les deux variables, nous avons soustrait le rang obtenu en dénomination de pseudomots à celui obtenu dans la tâche de vocabulaire. De cette manière, les participants obtenant des scores positifs sont ceux ayant de meilleures capacités de décodage que de vocabulaire (i.e., les lecteurs phonologiques), et ceux obtenant des scores négatifs sont ceux ayant de meilleures capacités de vocabulaire que de décodage (i.e., les lecteurs sémantiques). La comparaison des profils cognitifs des deux sous-groupes

montrent que les lecteurs phonologiques et sémantiques ont obtenu des performances différentes dans les tâches impliquant le vocabulaire, les capacités de décodage phonologique, et la mémoire phonologique à court-terme tandis qu'ils exhibent un niveau de lecture similaire au test de *l'Alouette*. Les résultats des deux sous-groupes aux différentes tâches de la session de prétests sont disponibles dans le Tableau 7.3.

Tableau 7.3: Profile cognitif des deux sous-groupes de normo-lecteurs (i.e., lecteurs phonologiques et sémantiques), écart-types entre parenthèses. Les scores d'efficacité ont été calculé pour chaque participant en multipliant les pourcentages de réponses correctes par la vitesse moyenne en millisecondes (i.e., taux de réponses correctes * (1/temps) ; Cavalli et al., 2018). Les valeurs *p* ont été calculées à partir de tests *t* de Student comparant les deux groupes de participants.

	Lecteurs phonologiques	Lecteurs sémantiques	Valeurs <i>t</i>	Valeurs <i>p</i>	
Âge chronologique	21 (1.6)	22.6 (2.4)	-2.508	.03	
Années de scolarisation post-bac	2 (0.9)	2.6 (1.4)	-1.260	.23	
Matrice de Raven (max = 58)	49 (5)	50 (5)	-0.044	.97	
Prétests					
Score de vocabulaire (EVIP, max = 51)	37.6 (2.9)	42.5 (3.2)	-4.916	<.001	
Performance en lecture (Alouette)	496.2 (30.5)	474.2 (55.6)	1.376	.19	
Lecture de mots irréguliers	Score d'efficacité	1.5 (0.2)	1.3 (0.2)	4.490	<.001
	% réponses correctes	99.1 (3.1)	98.7 (1.8)	0.694	.50
	Moyenne TRs (ms)	666 (111)	779 (107)	-4.511	<.001
Lecture de pseudomots	Score d'efficacité	1.3 (0.2)	1.0 (0.2)	4.983	<.001
	% réponses correctes	96.6 (4)	97.1 (3)	-1.029	.32
	Moyenne TRs (ms)	735 (119)	958 (161)	-4.979	<.001
Conscience phonémique	Score d'efficacité	0.8 (0.1)	0.7 (0.2)	1.501	.16
	% réponses correctes	98.1 (4)	97.3 (7)	0.563	.58
	Somme TRs (sec)	1.3 (0.2)	1.4 (0.3)	-1.728	.11
Mémoire verbale à court-terme	Score d'efficacité	2.9 (0.3)	2.6 (0.5)	2.882	<.02
	% réponses correctes	90.6 (6.9)	86.7 (11.1)	1.498	.16
	Somme TRs (sec)	1.95 (0.13)	2.07 (0.18)	-2.136	.05
Empan visuel	Monogrammes	33.66 (5.93)	33.85 (4.39)	-0.094	.93
	Trigrammes	10.59 (1.49)	10.04 (1.77)	0.853	.41

Analyses

Lors des deux analyses (i.e., normo-lecteurs vs. dyslexiques ; lecteurs phonologiques vs. lecteurs sémantiques), les réponses incorrectes, les fixations localisées en dehors de la région d'intérêt (cf. Figure 7.1), les essais contenant des clignements, et les durées de fixations déviant de ± 2.5 écart-types de la moyenne (calculé pour chaque participant et chaque condition séparément) ont été exclus (voir Townsend, 2018 pour une procédure similaire). De plus, seul le premier passage de lecture (i.e., les séquences de fixations faites sur le mot avant qu'une fixation soit faite en dehors de la région d'intérêt du mot) a été pris

en compte. Comme lors de l'analyse des données comportementales en tâche de décision lexicale auditive (Chapitre 5), les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel *R* (Version 3.5.0) et du package *lme4* (Bates et al., 2015). Les valeurs *p* et les erreurs standards ont été déterminées à l'aide du package *lmerTest* (Kuznetsova et al., 2017). Puisque les analyses s'appuient sur un design factoriel les contrastes et les effets principaux ont été évalués via la méthode des « moyennes marginales estimées » (Searle et al., 1980) à l'aide des packages *multcomp* (Hothorn et al., 2008) et *emmeans* (Lenth, 2016). Cette méthode permet d'estimer les moyennes marginales prédites par un modèle donné pour différents types de contrastes tout en corrigeant les résultats pour les comparaisons multiples (i.e., ajustement de Tukey).

Les temps de fixations ont été analysés via l'application de modèles LME, tandis que les taux de réponses correctes et les probabilités de refixation ont été analysés via l'application de modèles gLME. La même procédure de sélection du modèle que celle exposée dans le Chapitre 5 a été appliquée et, de la même manière, seules les covariables améliorant le modèle de manière significative ont été retenues (à part quelques exceptions décrites ci-dessous) et seuls les résultats issus de ces modèles sont présentés. Les critères d'information Akaike et les tests de rapport de vraisemblance (i.e., likelihood-ratio) ont été utilisés afin de sélectionner le modèle (Matuschek et al., 2017; Zuur et al., 2010). Les tests de rapport de vraisemblance ont été effectués via la fonction *anova()* du package *lme4*.

3. Résultats

3.1. Comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs

Pour les analyses présentées dans cette section, nous avons créé un modèle LME (pour les variables dépendantes *gaze duration*, durée de la fixation unique, durée de la première fixation, et durée de la seconde fixation) et un modèle gLME (pour les variables dépendantes taux de réponses correctes et probabilité de refixation ; Baayen, 2008). Ces modèles incluent deux effets fixes (groupe : individus dyslexiques vs. normo-lecteurs ; consistance : mots consistants vs. inconsistants), leur interaction, et des interceptes aléatoires par sujet et par item impliquant une pente aléatoire par sujet pour chaque condition, et une pente aléatoire par item pour chaque groupe. L'ajout du nombre de lettre en tant que covariable améliorait l'ajustement du modèle pour l'analyse des quatre variables dépendantes suivantes : probabilité de refixation, durée de la fixation unique, de la première

fixation, et de la seconde fixation. Pour garder une cohérence entre les différentes analyses, ce facteur a également été ajouté comme covariable lors de l'analyse des mesures de *gaze duration* et du taux de réponses correctes bien qu'il n'améliorait pas l'ajustement du modèle. Cependant, nous avons pris soin de vérifier que cela ne modifiait pas le pattern des résultats obtenus. Le nombre d'observations disponibles pour les différentes mesures de durées de fixation, chaque groupe, et chaque type de mot est rapporté ci-dessous dans le Tableau 7.4.

Tableau 7.4 : Nombre d'observations pour les variables dépendantes durée de la fixation unique, durée de la première fixation, durée de la seconde fixation, et gaze duration en fonction du groupe et du type de mot.

Groupe	Consistance	Fixation unique	Première fixation	Seconde fixation	Gaze duration
Dyslexiques	Consistant	277	168	169	443
	Inconsistant	277	138	138	407
Normo-lecteurs	Consistant	335	85	85	417
	Inconsistant	347	65	66	410

Taux de réponses correctes

Les taux de réponses correctes moyens, pour chaque groupe et chaque condition, sont rapportés dans la Figure 7.2 (panel B). L'analyse de cette variable ne révèle aucun effet principal de groupe [$F(1,inf) = 2.72, p = .10$] ni de consistance [$F(1,inf) = 0.99, p = .32$]. Cependant l'interaction entre groupe et consistance était significative [$F(1,inf) = 3.90, p < .05$]. Les comparaisons post-hoc indiquent que les individus dyslexiques faisaient davantage d'erreurs lors de la reconnaissance de mots inconsistants (estimation = 0.82, écart-type = 0.44, ratio $z = 1.867, p = .06$), et que le taux de réponses correctes des normo-lecteurs n'était pas influencé par la consistance phonologique des mots (estimation = -0.09, écart-type = 0.43, ratio $z = -0.204, p = .84$).

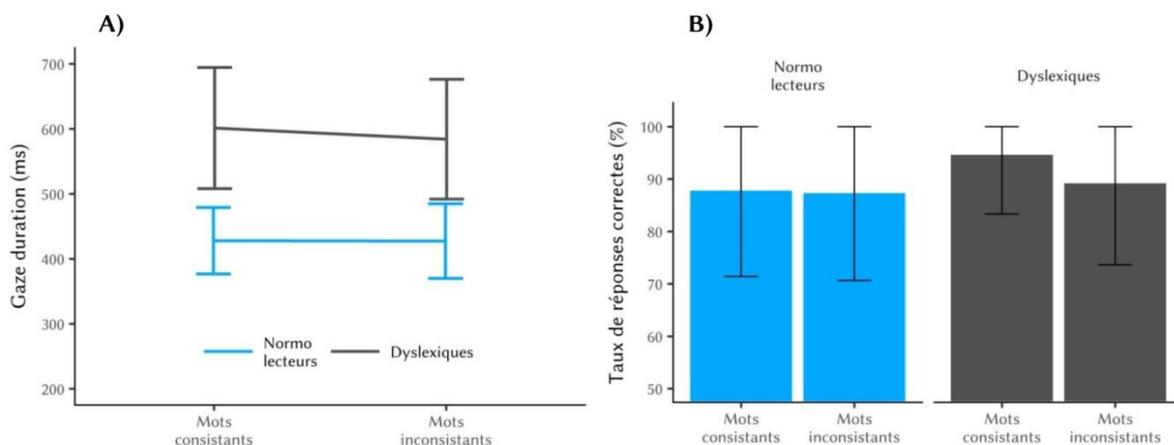


Figure 7.2 : Valeurs moyennes de gaze duration (panel A) et taux de réponses correctes (panel B) pour les mots consistants et inconsistants chez les individus dyslexiques (en gris) et normo-lecteurs (en bleu). Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.

Gaze duration

Les valeurs de *gaze duration* moyennes (par groupe et par condition) sont rapportées dans la Figure 7.2 (panel A). L'analyse de cette variable révèle la présence d'un effet principal de groupe [$F(1,62) = 53.87, p < .001$]. Les participants dyslexiques faisaient des fixations plus longues que les participants normo-lecteurs. En revanche, l'analyse ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,52) = 0.78, p = .38$], ni d'interaction entre groupe et consistance [$F(1,50) = 0.17, p = .68$].

Probabilité de refixation

Les valeurs de moyennes de probabilité de refixation (par groupe et par condition) sont rapportées dans la Figure 7.3. L'analyse de cette variable révèle la présence d'un effet principal de groupe [$F(1,inf) = 13.53, p < .001$]. Les participants dyslexiques refixaient davantage les mots que les normo-lecteurs. En revanche, l'analyse ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,inf) = 1.26, p = .26$], ni d'interaction entre groupe et consistance [$F(1,inf) = 0.03, p = .87$].

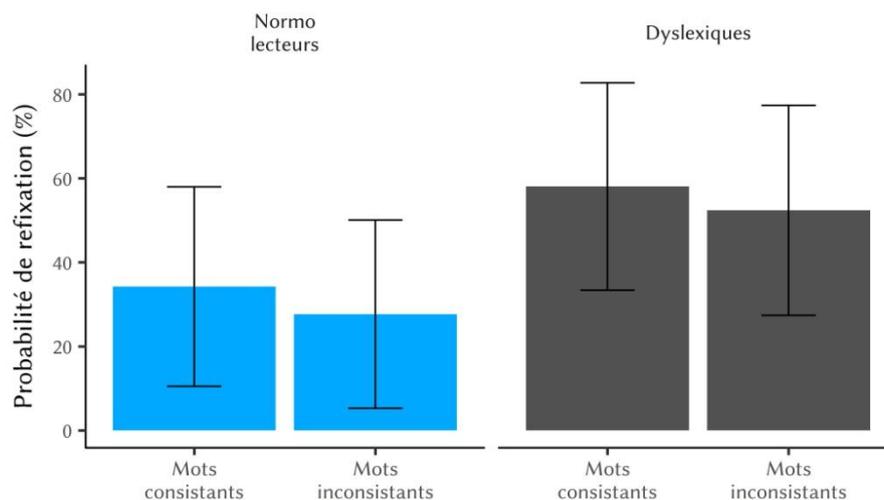


Figure 7.3 : Probabilités de refixation moyennes pour les mots consistants et inconsistants chez les individus dyslexiques (en gris) et normo-lecteurs (en bleu). Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.

Durée de la fixation unique

Les durées de fixation unique moyennes pour chaque groupe et chaque condition sont rapportées dans la Figure 7.4 (panel A). L'analyse de la durée de fixation unique révèle la présence d'un effet principal de groupe [$F(1,60) = 26.92, p < .001$]. Les participants dyslexiques faisaient des fixations plus longues que les participants normo-lecteurs. En revanche, l'analyse ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,34) = 0.27, p = .60$], ni d'interaction entre groupe et consistance [$F(1,28) = 0.001, p = .98$].

Durée de la première fixation

Les résultats concernant l'analyse de la première fixation révèlent la présence d'un effet principal de groupe [$F(1,39) = 6.63, p = .01$] (cf. Figure 7.4, panel B). Encore une fois, les participants dyslexiques faisaient des fixations plus longues que les participants normo-lecteurs. En revanche, l'analyse ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,33) = 0.05, p = .83$], ni d'interaction entre groupe et consistance [$F(1,27) = 2.99, p = .10$].

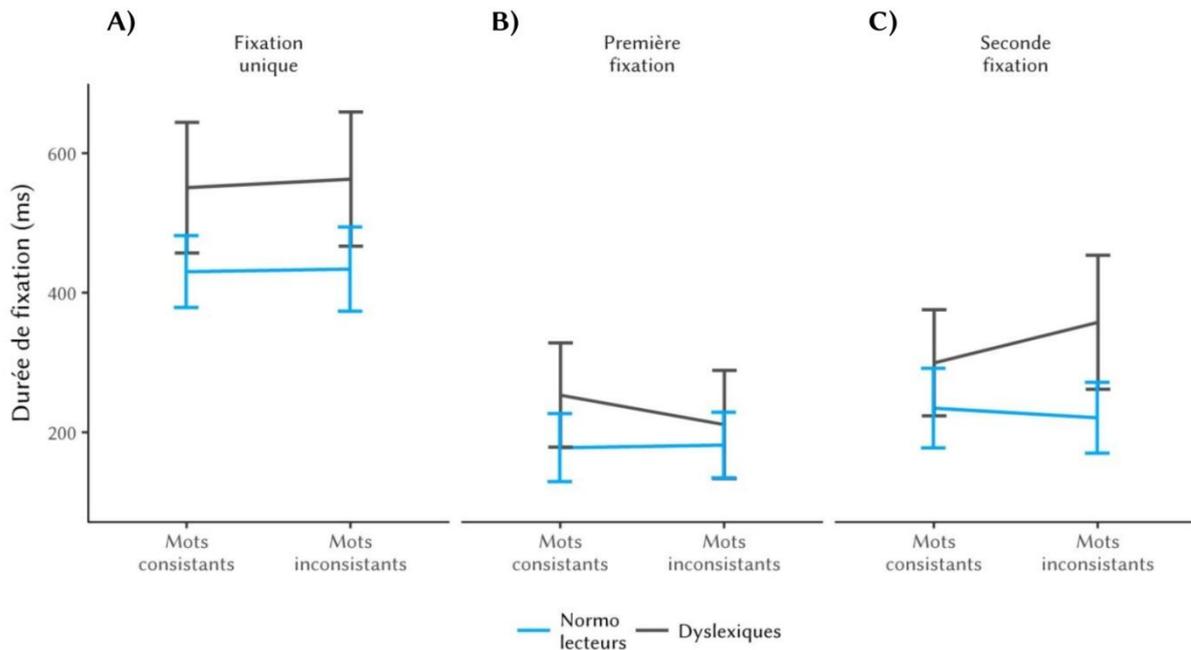


Figure 7.4 : Durées de fixation moyennes pour les mots consistants et inconsistants chez les individus dyslexiques (en gris) et normo-lecteurs (en bleu), et chaque type de fixation (fixation unique, première fixation, et seconde fixation). Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.

Durée de la seconde fixation

Les résultats concernant l'analyse de la seconde fixation révèlent la présence d'un effet principal de groupe [$F(1,42) = 18.54, p < .001$] (cf. Figure 7.4, panel C). Les participants dyslexiques faisaient des fixations plus longues que les participants normo-lecteurs. En revanche, l'analyse ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,24) = 0.21, p = .65$]. Cependant, de façon intéressante, l'analyse révèle la présence d'une interaction entre groupe et consistance [$F(1,20) = 5.50, p < .03$]. Les comparaisons post-hoc indiquent que les individus dyslexiques effectuaient des fixations plus longues sur les mots inconsistants que sur les mots consistants (estimation = -44.16, écart-type = 20.47, ratio $t = -2.157, p = .04$), tandis que les durées de fixation des normo-lecteurs n'étaient pas influencées par la consistance phonologique des mots (estimation = 27.56, écart-type = 25.45, ratio $t = 1.083, p = .29$).

3.2. Exploration des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs

Comme mentionné dans les sections 1.3 et 2.4, les normo-lecteurs ont été classés en deux sous-groupes (i.e., lecteurs phonologiques et lecteurs sémantiques) en fonction de leurs performances en vocabulaire et en dénomination de pseudomots. L'analyse des performances obtenues lors de la session de prétests révèle une corrélation négative entre les connaissances en vocabulaire et les capacités de décodage chez les normo-lecteurs uniquement ($r = -0.39$, $p < .05$) : les participants ayant obtenu les meilleures performances en vocabulaire étaient ceux qui exhibaient les moins bonnes capacités de décodage. Le profil cognitif des deux sous-groupes de normo-lecteurs est disponible dans le Tableau 7.3. La division du groupe de normo-lecteurs en deux sous-groupes est basée sur les hypothèses formulées par un nombre croissant d'études (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016; Plaut, 1997, 2008; Seidenberg, 1992; Welcome & Alton, 2015; Welcome & Joanisse, 2012; Woollams et al., 2016) suggérant que les variations interindividuelles relatives aux compétence phonologiques et sémantiques pourraient moduler la contribution de chacun de ces deux types de représentations pendant la lecture. Par conséquent, et particulièrement dans le cas de la lecture de mots fréquents, si les lecteurs sémantiques s'appuient davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique que sur celles entre orthographe et phonologie (tandis que les lecteurs phonologiques montreraient le profil inverse), il est possible que ce sous-groupe de normo-lecteur soit moins influencé par la consistance phonologique des mots que les lecteurs phonologiques.

Dans cette section, les analyses ont été effectuées à l'aide d'un modèle LME (pour les variables dépendantes *gaze duration*, durée de la fixation unique, de la première fixation, et de la seconde fixation) et d'un modèle gLME (pour les variables dépendantes taux de réponses correctes et probabilité de relecture ; Baayen, 2008). Ces modèles incluent deux effets fixes (sous-groupe : lecteurs sémantiques vs. lecteurs phonologiques ; consistance : mots consistants vs. inconsistants), leur interaction, et des interceptes aléatoires par sujet et par item impliquant une pente aléatoire par sujet pour chaque condition, et une pente aléatoire par item pour chaque sous-groupe. L'ajout du point d'unicité orthographique en tant que covariable améliorerait l'ajustement du modèle pour trois variables dépendantes (i.e., *gaze duration*, taux de réponses correctes, et durée de la fixation unique). Pour garder les différentes analyses cohérentes entre elles, ce facteur a également été ajouté comme covariable lors de l'analyse des durées de première et seconde fixation et de probabilité de

refixation, même s'il n'améliorait pas l'ajustement du modèle. Cependant cette fois encore, nous avons pris soin de vérifier que cela ne modifiait pas le pattern des résultats obtenus. De plus, afin de nous assurer de la comparabilité des résultats avec ceux rapportés dans la section 3.1 (i.e., comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs), nous avons également effectué les analyses en ajoutant le nombre de lettres (uniquement) en tant que covariable. Les résultats de ces analyses sont disponibles dans le tableau présenté en annexe D. Les résultats rapportés dans cette section sont ceux des modèles incluant la covariable « point d'unicité orthographique ». Le nombre d'observations disponibles pour les différentes mesures de durées de fixation, chaque sous-groupe, et chaque type de mot est rapporté ci-dessous dans le Tableau 7.5.

Tableau 7.5 : Nombre d'observations pour les variables dépendantes durée de la fixation unique, durée de la première fixation, durée de la seconde fixation, et gaze duration en fonction du sous-groupe et du type de mot.

Sous-groupe	Consistance	Fixation unique	Première fixation	Seconde fixation	Gaze duration
Lecteurs phonologiques	Consistant	146	62	62	206
	Inconsistant	158	45	46	203
Lecteurs sémantiques	Consistant	189	23	23	211
	Inconsistant	189	20	20	207

Taux de réponses correctes

Les taux de réponses correctes moyens (par sous-groupe et par condition) sont rapportés dans la Figure 7.5 (panel B). L'analyse de cette variable ne révèle aucun effet principal de sous-groupe [$F(1,inf) = 1.58, p = .21$], aucun effet principal de consistance [$F(1,inf) = 0.49, p = .48$], ni d'interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,inf) = 0.03, p = .87$].

Gaze duration

Les valeurs moyennes de *gaze duration* (par sous-groupe et par condition) sont rapportées dans la Figure 7.5 (panel A). L'analyse de cette variable révèle la présence d'un effet principal de sous-groupe [$F(1,27) = 4.34, p < .05$]. Les lecteurs sémantiques faisaient des fixations plus longues que les lecteurs phonologiques. En revanche, l'analyse ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,27) = 1.37, p = .25$], ni d'interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,23) = 1.18, p = .29$].

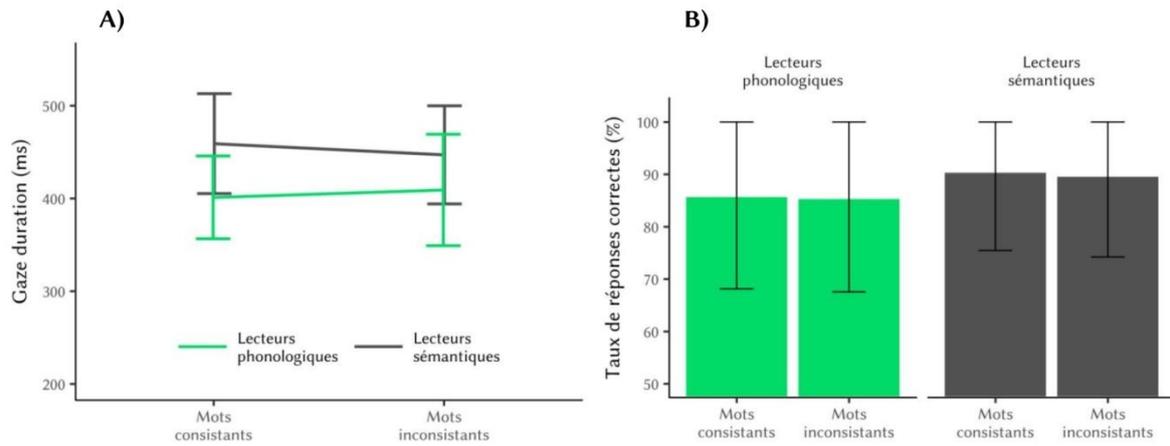


Figure 7.5 : Valeurs moyennes de gaze duration (panel A) et taux de réponses correctes (panel B) pour les mots consistants et inconsistants chez les normo-lecteurs sémantiques (en gris) et phonologiques (en vert). Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.

Probabilité de refixation

Les valeurs de moyennes de probabilité de refixation (par sous-groupe et par condition) sont rapportées dans la Figure 7.6. L'analyse de cette variable révèle la présence d'un effet principal de sous-groupe [$F(1,inf) = 12.85, p < .001$]. Les lecteurs phonologiques refixaient davantage les mots que les lecteurs sémantiques. En revanche, l'analyse ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,inf) = 0.09, p = .77$], ni d'interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,inf) = 1.77, p = .18$].

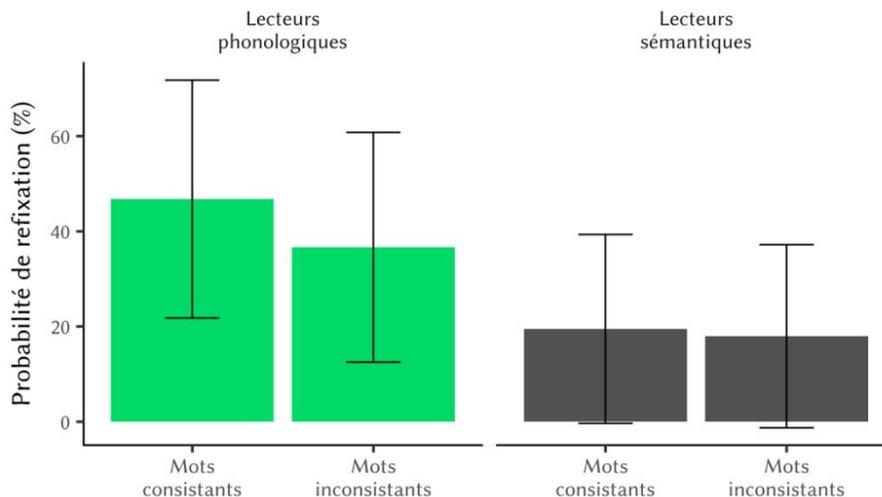


Figure 7.6 : Probabilités de refixation moyennes pour les mots consistants et inconsistants chez les lecteurs sémantiques (en gris) et phonologiques (en vert). Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.

Durée de la fixation unique

Les durées de fixation unique moyennes pour chaque sous-groupe et chaque condition sont rapportées dans la Figure 7.7 (panel A). L'analyse de la durée de fixation

unique révèle la présence d'un effet principal de sous-groupe [$F(1,26) = 5.13, p = .03$]. Les lecteurs sémantiques faisaient des fixations plus longues que les lecteurs phonologiques. En revanche, l'analyse ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,26) = 0.31, p = .58$], ni d'interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,20) = 1.71, p = .21$].

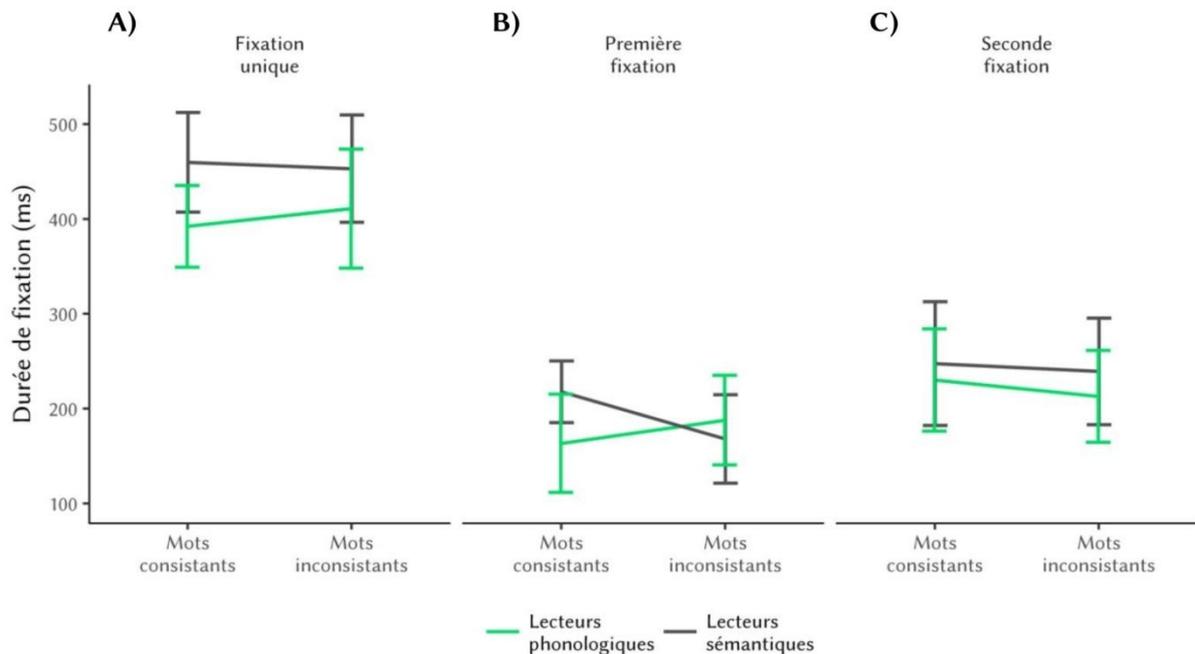


Figure 7.7 : Durées de fixation moyennes pour les mots consistants et inconsistants chez les lecteurs sémantiques (en gris) et phonologiques (en vert), et chaque type de fixation (fixation unique, première fixation, et seconde fixation). Les barres d'erreurs représentent les écarts-types.

Durée de la première fixation

Les résultats concernant l'analyse de la première fixation (cf. Figure 7.7, panel B) ne révèlent aucun effet principal de sous-groupe [$F(1,21) = 0.14, p = .71$], ni d'effet principal de consistance [$F(1,19) = 0.00, p = .99$]. En revanche, l'interaction entre sous-groupes et consistance était significative [$F(1,9) = 6.09, p < .04$]. Les comparaisons post-hoc indiquent que les lecteurs phonologiques avaient tendance à effectuer des fixations plus longues sur les mots inconsistants que sur les mots consistants (estimation = -42.29, écart-type = 21.03, ratio $t = -2.011, p = .06$), tandis que les durées de fixation des lecteurs sémantiques n'étaient pas influencées par la consistance phonologique des mots (estimation = 41.49, écart-type = 29.22, ratio $t = 1.420, p = .18$).

Durée de la seconde fixation

Les résultats concernant l'analyse de la seconde fixation (cf. Figure 7.7, panel C) ne révèlent aucun effet principal de sous-groupe [$F(1,21) = 1.45, p = .24$], aucun effet principal de

consistance [$F(1,16) = 0.54, p = .47$], ni aucune interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,11) = 0.23, p = .64$].

4. Discussion

L'étude présentée dans ce chapitre nous a permis d'examiner la contribution ainsi que le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques lors de la reconnaissance des mots écrits chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs de niveau universitaire. Les participants effectuaient une tâche de décision lexicale visuelle dans laquelle la consistance phonologique des mots avait été manipulée. Durant la tâche, les taux de réponses correctes ainsi que les mouvements oculaires ont été enregistrés. Parmi les différentes mesures recueillies par la technique des mouvements oculaires, nous nous sommes focalisés sur cinq mesures : *gaze duration*, durée de la fixation unique, durée de la première fixation, durée de la seconde fixation, et probabilité de refixation. Le taux de réponses correctes a également été analysé. Les mesures de la durée de la fixation unique, de la *gaze duration*, et du taux de réponses correctes représentent la somme de différents stades de traitement et sont considérées comme des mesures globales (à différents degrés) de la reconnaissance des mots (Boston et al., 2008; Rahmanian & Kuperman, 2017). En revanche, les durées des première et seconde fixations sont des mesures plus fines du traitement des mots et nous permettent d'examiner le décours temporel de leur reconnaissance (Rahmanian & Kuperman, 2017; Sparrow & Mielliet, 2002). La mesure de la probabilité de refixation quant à elle peut être interprétée comme reflétant la proportion de mots ayant été lus par le biais de la procédure de décodage (Hawelka et al., 2010).

Par ailleurs, en nous appuyant sur les observations rapportées par Woollams et collègues (2016) nous avons également exploré les différences interindividuelles au sein du groupe de normo-lecteurs en les séparant en deux sous-groupes (i.e., lecteurs phonologiques et lecteurs sémantiques) sur la base de leurs capacités de décodage et de leur niveau de vocabulaire.

4.1. L'activation des représentations phonologiques chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs

De manière générale, les mesures de mouvements oculaires les plus globales (i.e., *gaze duration* et durée de la fixation unique) n'ont révélé aucun effet de consistance phonologique, pour aucun des deux groupes. L'analyse du taux de réponses correctes en

revanche révèle la présence d'une interaction entre groupe et consistance : tandis que le degré de consistance phonologique n'affectait pas la précision des normo-lecteurs, les individus dyslexiques faisaient davantage d'erreurs pour les mots inconsistants que pour les mots consistants. Ce pattern de résultats sur le pourcentage de réponses correctes est en accord avec les résultats rapportés dans la littérature montrant une influence des représentations phonologiques sur la précision des réponses des individus dyslexiques, mais pas sur celle des normo-lecteurs (Ben-Dror et al., 1991; Kunert & Scheepers, 2014). En revanche, de manière surprenante, les individus dyslexiques ont fait moins d'erreurs que les normo-lecteurs pour les mots phonologiquement consistants, ce qui est en contradiction avec les patterns de résultats habituellement rapportés dans la littérature (Ben-Dror et al., 1991; Kunert & Scheepers, 2014; Martin et al., 2010). Bien que ce pattern de résultats soit entièrement inattendu et difficile à expliquer, cela pourrait provenir du paradigme expérimental utilisé : donner une réponse via les mouvements oculaires est inhabituel et non-intuitif ce qui peut contribuer à augmenter le taux d'erreurs, particulièrement sous pression temporelle. Les individus dyslexiques fixant les mots plus longtemps et étant plus lents à répondre que les normo-lecteurs, ils pourraient avoir eu plus de temps pour contrôler les potentielles erreurs de programmation de saccades jusqu'au point-réponse, « avantage » qui disparaît lorsque la tâche est rendue plus difficile (i.e., lors du traitement de mots inconsistants).

L'analyse de la probabilité de refixation révèle que les participants dyslexiques faisaient plus d'une fixation sur davantage de mots que les normo-lecteurs et que la consistance phonologique n'influait pas le nombre de fixations fait sur le mot, dans aucun des deux groupes. Le modèle du lecteur E-Z postule qu'un mot sera refixé si le stade M2 de programmation de la saccade est complété avant le stade L1 du traitement du mot (i.e., vérification de la familiarité orthographique ; Reichle et al., 1999). Dans le cadre du modèle à double voie, cela suggère que les mots recevant plusieurs fixations seraient lus par le biais de la procédure de décodage, tandis que ceux ne recevant qu'une fixation unique (au sein de laquelle les stades de traitement L1 et L2 ont été complétés) seraient reconnus par le biais de la procédure orthographique (Hawelka et al., 2010). D'après cette interprétation, le fait que les participants dyslexiques refixent davantage de mots que les normo-lecteurs semble indiquer qu'ils ont davantage recours à la procédure de décodage que les normo-lecteurs. Dans la présente étude, les mots présentés étaient courts (2 à 7 lettres) et fréquents. D'après le modèle à double voie, ce type de mots est préférentiellement lu par le biais de la

procédure orthographique. Cependant, les individus dyslexiques auraient eu recours à la procédure de décodage pour environ un tiers des mots (33.7%), contre moins d'un cinquième chez les normo-lecteurs (17.5%). L'hypothèse d'un plus grand recours à la procédure de décodage est soutenue par plusieurs études montrant que les individus dyslexiques utilisent davantage la procédure de décodage que les normo-lecteurs, ce qui suggère un déficit des traitements orthographiques (Araújo et al., 2014; Bergmann & Wimmer, 2008; Hawelka et al., 2010).

Afin d'examiner le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques dans chacune des deux populations, nous avons analysé l'influence de la consistance phonologique sur les durées des premières et secondes fixations, lesquelles reflètent des stades de précoce et tardif de la reconnaissance visuelle du mot, respectivement (Sparrow & Mielle, 2002). Dans cette analyse, les normo-lecteurs (pris en tant qu'un seul groupe) ne montrent aucune influence des représentations phonologiques pour aucun des deux stades de traitement. En revanche chez les individus dyslexiques, un effet de consistance phonologique significatif a été observé durant le stade de traitement tardif (i.e., durée de la seconde fixation). Comme évoqué en introduction, l'absence d'effet de consistance phonologique chez les normo-lecteurs pourrait être due à des différences interindividuelles quant aux compétences relatives aux capacités phonologiques et sémantiques. Nous développons ce point dans la section suivante (section 4.2). Cependant de nombreuses études montrent que les représentations phonologiques sont activées de manière rapide chez cette population, dès les 100 premières millisecondes de traitement d'un mot (Carreiras et al., 2014; Pattamadilok et al., 2017; Wheat et al., 2010), soit lors de la première fixation sur ce mot (Inhoff & Topolski, 1994; Jared et al., 1999; Rayner et al., 1998; Sparrow & Mielle, 2002). Par conséquent, l'observation d'une influence de la phonologie à partir de la seconde fixation chez les individus dyslexiques suggère une activation tardive des représentations phonologiques. Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés dans la littérature montrant que, chez les individus dyslexiques, la synchronisation entre les représentations phonologiques et orthographiques serait diminuée (Breznitz & Misra, 2003).

Dans le cadre du modèle connexionniste en triangle, cette influence tardive chez les individus dyslexiques suggère un déficit des connexions entre orthographe et phonologie. La faiblesse des connexions entre ces deux types de représentation pourrait en partie expliquer les faibles capacités de décodage de cette population (Boets et al., 2013; Cavalli et al., 2018). Par ailleurs, certaines études suggèrent que les déficits des traitements

phonologiques observés chez les individus dyslexiques ne concerneraient pas l'accès précoce aux représentations phonologiques elles-mêmes mais les stades de traitement plus tardifs et le maintien de ces représentations en mémoire (Araújo et al., 2015; Savill & Thierry, 2011b). En revanche, cette population manifesterait un déficit des traitements visuo-orthographiques précoces (Maurer et al., 2007; Paz-Alonso et al., 2018; van der Mark et al., 2009; Wimmer et al., 2010). Il semble donc également possible que l'influence tardive des représentations phonologiques soit due à un déficit des traitements visuo-orthographiques. La vitesse de traitement des informations visuo-orthographiques affecterait le déroulement temporel de l'activation des représentations phonologiques.

4.2. Exploration des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs

De manière similaire à l'étude de Woollams et collègues (2016), nous avons pu séparer les normo-lecteurs en deux sous-groupes sur la base de leurs capacités de décodage et de leurs niveaux de vocabulaire (i.e., lecteurs phonologiques et lecteurs sémantiques). L'analyse des mesures les plus globales de la reconnaissance des mots (i.e., *gaze duration*, taux de réponses correctes, et durée de la fixation unique) ne montre aucune influence des représentations phonologiques dans aucun des deux sous-groupes. En revanche, les lecteurs sémantiques faisaient des fixations plus longues que les lecteurs phonologiques sur les mesures de *gaze duration* et de durée de la fixation unique. L'analyse de la probabilité de refixation révèle que les lecteurs phonologiques ont davantage refixé les mots que les lecteurs sémantiques. Tandis que les lecteurs phonologiques faisaient au moins deux fixations sur environ un quart des mots présentés (25.5%), les lecteurs sémantiques ne l'ont fait que pour un dixième des mots (9.5%), ce qui suggère un moindre recours à la procédure de décodage chez ce dernier sous-groupe (Hawelka et al., 2010). Par ailleurs, l'analyse des durées des première et seconde fixations révèle que seuls les lecteurs phonologiques montrent une influence de la consistance phonologique. Dans ce sous-groupe, l'effet de consistance est observé sur la durée de la première fixation, mesure qui reflète un stade précoce de la reconnaissance visuelle du mot (Sparrow & Mielliet, 2002; Staub, 2015). À ce stade de traitement, les lecteurs phonologiques exhibent des fixations plus courtes lorsque le mot est phonologiquement consistant que lorsqu'il est inconsistant. Les lecteurs sémantiques en revanche ne montrent aucune influence de la consistance phonologique, à aucun stade de traitement. Bien que les résultats concernant les durées des première et seconde fixations nécessitent d'être interprétés avec prudence car ils concernent une proportion limitée d'essais, particulièrement chez les lecteurs sémantiques, ce pattern

suggère que les lecteurs phonologiques étaient davantage affectés par la consistance phonologique des mots que les lecteurs sémantiques.

Cet ensemble de résultats suggère également que l'activation rapide et automatique des représentations phonologiques lors de la lecture pourrait ne pas être une caractéristique générale des normo-lecteurs, comme il est typiquement supposé, mais pourrait être restreinte à un sous-groupe de normo-lecteurs ayant développé des capacités de décodage particulièrement efficaces. Tandis que les normo-lecteurs ayant de moins bonnes capacités de décodage et de meilleures capacités sémantiques seraient plus susceptibles de contourner l'activation des représentations phonologiques. Dans le cadre du modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 2004), ces résultats suggèrent que la force des connexions entre les représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques pourrait dépendre des capacités phonologiques et sémantiques de l'individu. Les résultats exposés dans ce chapitre sont en accord avec cette hypothèse : en lecture, les normo-lecteurs ayant développé de fortes capacités de décodage semblent s'appuyer davantage sur la procédure de décodage (i.e., les connections entre représentations orthographiques et phonologiques), tandis que les normo-lecteurs ayant des compétences sémantiques particulièrement développées semblent s'appuyer davantage sur la procédure orthographique (i.e., les connections entre orthographe et vocabulaire).

Cette hypothèse pourrait notamment (en partie) expliquer la disparité des résultats rapportés dans la littérature concernant la manipulation de la consistance phonologique. Comme évoqué en introduction, en tâche de décision lexicale certains auteurs observent un effet de consistance phonologique (Andrews, 1982; Lacruz & Folk, 2004) tandis que d'autres n'en observent pas (Pexman et al., 2002; Taft & van Graan, 1998; Ziegler et al., 2008). Cette disparité a notamment été interprétée dans le cadre du modèle à double-voie (Coltheart, 2006; Perry, Ziegler, & Zorzi, 2014) et expliquée par la fréquence ou le degré de familiarité des mots utilisés dans les différentes études (Peereman et al., 1998). Les mots fréquents et/ou familiers étant lus plus rapidement que les mots rares, ils seraient principalement lus via la procédure orthographique sans que la procédure de décodage n'ait le temps de générer une représentation phonologique compétitrice. Les mots plus rares et/ou moins familiers sont reconnus plus lentement, ce qui permettrait à la voie de décodage de générer une représentation phonologique sur la base des règles de conversion graphème-phonème entrant en compétition avec celle générée par la procédure orthographique. Cependant dans une étude dans laquelle le degré de familiarité des mots a été contrôlé, Lacruz & Folk (2004)

rappellent un effet de consistance phonologique lors de la lecture de mots fréquents, ce qui semble contredire cette interprétation. En revanche, l'hypothèse selon laquelle l'observation d'un effet de consistance phonologique pourrait dépendre des différences interindividuelles des normo-lecteurs quant aux compétences phonologiques et sémantiques pourrait permettre d'expliquer cette disparité et semble soutenue par un nombre croissant d'études (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016; Plaut, 1997, 2008; Plaut & Booth, 2000; Seidenberg, 1992; Welcome & Alton, 2015; Welcome & Joanisse, 2012; Woollams et al., 2016). Si les normo-lecteurs ne forment pas une population entièrement homogène, il est possible que l'observation d'un effet de consistance phonologique dépende, au moins en partie, de l'échantillon de participants recruté.

5. Conclusion

Pour conclure, la prise en compte de marqueurs fins de la reconnaissance visuelle des mots (i.e., durées des première et seconde fixations) nous a permis de mettre en évidence différents décours temporels de l'activation des représentations phonologiques selon les lecteurs.

Chez les individus dyslexiques, les résultats montrent une influence de la consistance phonologique des mots lors de la seconde fixation uniquement, ce qui suggère une activation tardive des représentations phonologiques durant la lecture et pourrait en partie expliquer les difficultés de décodage observées chez cette population. Cette observation est également en accord avec de précédentes études suggérant que la synchronisation entre les représentations phonologiques et orthographiques serait diminuée chez les individus dyslexiques comparé aux normo-lecteurs.

Chez les normo-lecteurs, l'activation des représentations phonologiques en lecture de mots semble dépendre de leurs capacités de décodage et de leurs niveaux de vocabulaire. Tandis que les normo-lecteurs étant meilleurs en décodage qu'en vocabulaire (i.e., lecteurs phonologiques) semblent activer les représentations phonologiques de manière précoce (i.e., dès la première fixation sur le mot), les normo-lecteurs étant meilleurs en vocabulaire qu'en décodage (i.e., lecteurs sémantiques) ne semblent pas activer ces représentations. Bien que dans cette étude l'analyse de différents sous-groupes de normo-lecteurs soit exploratoire et nécessite de plus amples recherches, cette observation est cohérente avec plusieurs études

récentes sur la reconnaissance de mots isolés et pourrait en partie expliquer les résultats contradictoires rapportés dans la littérature concernant l'effet de consistance phonologique.

Dans le chapitre suivant (Chapitre 8), nous proposons d'examiner si l'activation des représentations phonologiques et le décours temporel de cette activation sont modulés par le contexte sémantique. En situation naturelle de lecture les mots sont majoritairement insérés dans des phrases et leur reconnaissance semble impliquer l'engagement de processus à la fois *top-down* et *bottom-up* (Parker et al., 2017; Sereno et al., 2018; Staub, 2015). Il est donc possible que les processus cognitifs impliqués dans la reconnaissance des mots soient modulés par le contexte phrastique ainsi que par la prédictibilité de ce contexte.

CHAPITRE 8.

L'influence des représentations phonologiques en compréhension de phrases écrites

1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons examiné le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques lors du traitement de mots écrits présentés en isolation chez des individus dyslexiques et normo-lecteurs ainsi que chez deux sous-groupes de normo-lecteurs. Cependant, en situation naturelle de lecture les mots sont insérés dans des phrases et non présentés en isolation. De plus, plusieurs études montrent que les individus dyslexiques s'appuient davantage sur le contexte sémantique que les normo-lecteurs (Ben-Dror et al., 1991; Bruck, 1990; Gallagher et al., 1996). Dans ce chapitre, nous proposons d'étudier, chez les mêmes groupes de participants, la façon dont le contexte phrastique peut moduler 1) le traitement des mêmes mots-cibles, et 2) l'activation des représentations phonologiques.

1.1. Cadre théorique

L'influence du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible

En lecture de phrases, la reconnaissance des mots qui la compose implique l'activation de processus à la fois *top-down* et *bottom-up* (Horowitz-Kraus et al., 2014) et la vitesse à laquelle ce mot est reconnu est fortement dépendante du contexte sémantique dans lequel il est inséré. Dans ce contexte, les processus *top-down* font référence à l'influence des informations fournies par le contexte sur le traitement d'un mot donné. À l'inverse, les processus de nature *bottom-up* sont ceux qui sont indépendants de cette influence. Certaines études suggèrent qu'un mot apparaissant dans un contexte fortement prédictif sera reconnu plus rapidement qu'un mot présenté en isolation (Stanovich & West, 1981) tandis qu'un mot présenté dans un contexte incohérent sera reconnu moins rapidement que lorsqu'il est présenté de manière isolée (Forster, 1981). Toutefois, certaines propositions comme le modèle de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014) suggèrent que les capacités de reconnaissance de mots isolés expliquent en partie les capacités en lecture de phrases. Selon cette hypothèse, le lexique mental contenant

les connexions entre les représentations orthographique, phonologique, et sémantique joue un rôle fondamental en lecture de phrases. L'accès au lexique mental serait une interface entre les systèmes de reconnaissance du mot (puisque cette reconnaissance permet l'accès au lexique) et de compréhension (puisque l'accès au lexique permet l'intégration du mot au sein de la phrase lue). Ici, la notion de qualité lexicale renvoie à la qualité et à la stabilité des connexions unissant les différents types de représentations associées à un mot. Un lecteur possédant des représentations lexicales de *mauvaise qualité* développera des difficultés de compréhension spécifiquement liées au traitement du mot (Perfetti, 2007).

Par ailleurs, de nombreuses études suggèrent que la rapidité de l'accès au lexique serait modulée par le degré de prédictibilité du contexte phrastique dans lequel le mot à reconnaître est inséré (Ferguson & Sanford, 2008; Kretzschmar et al., 2015; Parker et al., 2017; Sereno et al., 2018; Sheridan & Reingold, 2012; Staub, 2011, 2015; Veldre & Andrews, 2018). Par exemple, chez les normo-lecteurs, les études réalisées en mouvements oculaires suggèrent que, par rapport à un contexte phrastique neutre, un contexte prédictif permet la pré-activation du mot-cible via des processus d'activation *top-down* et facilite ainsi la reconnaissance de ce mot dès les stades de traitement visuo-orthographiques (Ehrlich & Rayner, 1981; Frisson et al., 2005; Kretzschmar et al., 2015; Parker et al., 2017; Rayner, Ashby, et al., 2004; Rayner & Well, 1996; Sereno et al., 2018; Sheridan & Reingold, 2012; Staub, 2011, 2015). Cet effet de facilitation se traduit par des temps de fixation plus courts (dès la première fixation) ainsi qu'une probabilité plus importante de sauter le mot prédit. Ce pattern de résultats est typiquement interprété comme reflétant la pré-activation (complète ou partielle) des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques facilitant les stades de traitement pré-lexical et lexical du mot (Parker et al., 2017; Rayner et al., 2011; Staub, 2011, 2015). En revanche, un mot sémantiquement incohérent avec le contexte qui précède affecte typiquement les temps de fixation à partir de la *gaze duration* (Ferguson & Sanford, 2008; Rayner, Warren, et al., 2004; Veldre & Andrews, 2018; Warren et al., 2008) qui représente une mesure de traitement plus tardive que la probabilité de sauter le mot ou la durée de la première fixation.

Dans le cadre du modèle du lecteur E-Z (Mancheva et al., 2015; Reichle, Pollatsek, & Rayner, 2012), la mesure de la durée de la première fixation correspond au stade de traitement L1 (i.e., stade de la vérification de la familiarité orthographique) tandis que la mesure de la *gaze duration* correspond à la somme des stades L1 et L2 et représente le stade de l'accès au lexique. Un tel pattern de résultats suggère donc que l'incohérence d'un mot

par rapport au contexte qui le précède n'influence le traitement de ce mot qu'après l'accès au lexique, ce qui confirme les prédictions du modèle du lecteur E-Z.

Chez les individus dyslexiques, peu d'études ont examiné l'influence de la prédictibilité du contexte sur le traitement d'un mot-cible via la technique de l'enregistrement des mouvements oculaires. De nombreuses études suggèrent que la qualité des représentations lexicales pourrait être appauvrie chez cette population par rapport aux normo-lecteurs (Araújo et al., 2014; Marinus & de Jong, 2010; Maurer et al., 2007, 2011; Wimmer et al., 2010). Chez les individus dyslexiques, la construction des associations grapho-phonémiques serait déficitaire et moins automatique que chez les normo-lecteurs (Al Dahhan et al., 2014; Blau et al., 2009; Blomert, 2011; Breznitz, 2005; Georgiou et al., 2018; Jones et al., 2016). De plus, certaines études suggèrent également la présence d'un déficit des traitements orthographiques (Araújo et al., 2014; Marinus & de Jong, 2010; Maurer et al., 2007, 2011; van der Mark et al., 2009; Wimmer et al., 2010). Dans le cadre de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014), l'observation de tels déficits suggère que la qualité des représentations lexicales des individus dyslexiques serait moins bonne que celle des normo-lecteurs. Plus précisément, chez les individus dyslexiques, les représentations orthographiques et phonologiques ainsi que leurs connexions seraient moins bien spécifiées que chez les normo-lecteurs, ce qui pourrait entraîner des déficits de compréhension en lecture de phrases ou de textes.

Cependant, d'autres études suggèrent que, sous certaines conditions, les adultes dyslexiques peuvent atteindre un niveau de compréhension en lecture comparable à celui des normo-lecteurs (Deacon et al., 2012; Parrila et al., 2007; Simmons & Singleton, 2000). Ceci pourrait notamment s'expliquer par le fait que les adultes dyslexiques semblent s'appuyer davantage que les normo-lecteurs sur le contexte phrastique afin de générer des prédictions à propos des mots à venir et ainsi diminuer le coût de traitement associé à la reconnaissance des mots (Ben-Dror et al., 1991; Bruck, 1990; Gallagher et al., 1996). Par exemple, il a été montré qu'en tâche de dénomination, les individus dyslexiques sont davantage dépendants du contexte sémantique que les normo-lecteurs (Corkett & Parrila, 2008). Dans l'étude menée par Corkett & Parrila, les résultats suggèrent que les individus dyslexiques ont davantage de difficultés que les normo-lecteurs à inhiber l'information sémantique provenant du contexte lorsque celui-ci rend le mot-cible incohérent. Les auteurs en concluent que les adultes dyslexiques utiliseraient davantage le contexte sémantique que les normo-lecteurs. De plus chez cette population, les mots ne seraient pas intégrés au sens

général de la phrase de manière strictement post-lexicale, contrairement à ce que prédit le modèle du lecteur E-Z. En revanche, l'influence d'un contexte sémantique prédictif était similaire chez les deux populations. Toutefois, l'utilisation d'une tâche de dénomination ne permet pas d'examiner les stades précoces de traitement du mot et pourrait également avoir exacerbé les difficultés des individus dyslexiques. En effet comme déjà mentionné, cette population manifeste d'importants déficits des associations entre représentations orthographiques et phonologiques (Al Dahhan et al., 2014; Breznitz, 2005; Georgiou et al., 2018; Jones et al., 2016). En tâche de dénomination, les performances sont dépendantes de la rapidité d'accès aux représentations phonologiques du mot-cible. Chez les individus dyslexiques, la présence d'un contexte incohérent pourrait particulièrement influencer la rapidité d'accès aux représentations phonologiques et lexico-sémantiques, et ainsi les performances en tâche de dénomination.

L'activation des représentations phonologiques en lecture de phrases

Chez les normo-lecteurs, plusieurs études ont examiné l'activation des représentations phonologiques en lecture de phrases ainsi que la façon dont la prédictibilité du contexte peut moduler cette activation à l'aide de l'enregistrement des mouvements oculaires (Chace et al., 2005; Jared et al., 1999; Lesch & Pollatsek, 1998; Mielliet & Sparrow, 2004; Rayner, 1998, 2009; Rayner et al., 1998). Plusieurs études montrent que le remplacement d'un mot-cible par un mot homophone ou un pseudohomophone n'influence pas les stades de traitement visuo-orthographique du mot (i.e., durées de la première fixation et de la fixation unique) mais uniquement les stades de traitement plus tardifs correspondant aux stades de l'accès au lexique et/ou de l'intégration du mot dans son contexte (i.e., *gaze duration* et durée totale de fixation). Ce pattern de résultats est interprété comme reflétant une activation pré-lexicale des représentations phonologiques (Inhoff & Topolski, 1994; Rayner et al., 1998, mais voir Jared et al., 1999 pour une interprétation plus modérée). De plus, certaines études utilisant le paradigme de frontière afin de manipuler l'information disponible de manière parafovéale montrent que les représentations phonologiques seraient activées avant même que le mot-cible soit fixé (Chace et al., 2005; Henderson et al., 1995; Lesch & Pollatsek, 1998; Mielliet & Sparrow, 2004; Pollatsek et al., 1992; Rayner, 1998, 2009). Sur la base de ces observations, certains auteurs suggèrent que les représentations phonologiques peuvent être activées avant que le lecteur ne fixe le mot-cible et être utilisées lors de l'accès au lexique (Lesch & Pollatsek, 1998; Mielliet & Sparrow, 2004).

Cependant, des études comparant l'activation des représentations phonologiques en lecture de phrases chez les bons et les mauvais lecteurs suggèrent que les mauvais lecteurs activeraient les représentations phonologiques de manière précoce, quelle que soit la fréquence du mot-cible, tandis que les bons lecteurs ne seraient influencés par les représentations phonologiques que lors du traitement de mots de basse fréquence (Jared et al., 1999). Chez les bons lecteurs, la mesure de la *gaze duration* révélait des temps de fixation plus courts sur les mots-cibles que sur les mots homophones. De plus, les temps de fixation sur les mots homophones et les mots contrôle (i.e., phonologiquement différents du mot-cible mais orthographiquement similaires) étaient comparables, suggérant une absence d'influence des représentations phonologiques. Chez les mauvais lecteurs en revanche, la mesure de la *gaze duration* révélait des temps de fixation similaires sur les mots-cibles et les mots homophones mais plus longs sur les mots contrôle, suggérant que l'activation des représentations phonologiques pourrait participer à l'accès lexical chez cette population. Cependant dans cette étude, les auteurs ne rapportent pas les résultats obtenus sur la mesure de la première fixation bien qu'ils mentionnent que ces résultats soient similaires à ceux obtenus sur la mesure de la *gaze duration*. De plus, le type de paradigme employé dans cette étude ainsi que dans celles précédemment mentionnées (Inhoff & Topolski, 1994; Rayner et al., 1998) implique l'introduction d'erreurs dans la phrase lue (i.e., de mot homophones, de pseudohomophones, et de mots contrôle phonologiquement différents mais orthographiquement similaires aux mots-cibles). L'introduction de ce type d'erreurs peut perturber la lecture, encourager l'utilisation de différentes stratégies, et dissuader les lecteurs de recourir à l'activation des représentations phonologiques. Il est donc possible que l'absence d'influence des représentations phonologiques chez les participants avec un bon niveau de lecture rapportée dans cette étude soit en partie due à l'utilisation d'un tel paradigme.

Par ailleurs, examinant le décours temporel de l'activation des représentations phonologique via le paradigme de frontière chez les bons et mauvais lecteurs, Chace et collègues (2005) observent une absence de bénéfice phonologique de la prévisualisation parafovéale chez les mauvais lecteurs. Contrairement aux bons lecteurs, chez les mauvais lecteurs, les temps de fixation sur le mot-cible n'étaient pas affectés par le fait que le mot disponible en vision parafovéale soit homophone ou non du mot-cible (disponible en vision fovéale). Les auteurs interprètent ce pattern de résultats comme suggérant que l'utilisation efficace des représentations phonologiques en lecture de phrases est une caractéristique de

la lecture experte (Chace et al., 2005). Cependant cette fois encore, l'utilisation d'un « paradigme de frontière » ne reflète pas les conditions naturelles de lecture. En effet lors de la lecture quotidienne, il est peu probable qu'un mot de la phrase change en court de lecture. De plus, le fait que le mot disponible en vision parafovéale soit différent du mot-cible présenté en vision fovéale peut ralentir le traitement du mot-cible et/ou induire l'adoption de stratégie de la part du lecteur (e.g., fixer l'attention sur le(s) mot(s) avant d'y fixer le regard). À notre connaissance, aucune étude n'a examiné la question de l'activation des représentations phonologiques en lecture de phrases chez les adultes dyslexiques.

Dans l'étude présentée dans ce chapitre, les participants lisaient des phrases dans le but de les comprendre tandis que nous enregistrons leurs mouvements oculaires. Nous avons repris les mots-cibles phonologiquement consistants et inconsistants utilisés lors de la tâche de décision lexicale visuelle présentée précédemment (Chapitre 7) en les insérant dans des phrases. De la même manière que lors de la tâche de compréhension de phrases orales (Chapitre 6), le contexte sémantique précédent le mot-cible a été manipulé de sorte à rendre le mot-cible prédictible, neutre (i.e., cohérent mais non-prédictible), ou incohérent. Manipuler ces deux facteurs permet d'étudier la façon dont le contexte sémantique peut moduler la contribution des représentations phonologiques lors de la reconnaissance de mots écrits. De plus, l'utilisation des mouvements oculaires permet une analyse fine du décours temporel de ces différentes influences. Comme déjà évoqué dans le chapitre précédent, un des avantages de l'utilisation de la technique des mouvements oculaires par rapport aux techniques de l'EEG ou de la MEG est son aspect écologique. Les techniques de l'EEG ou de la MEG ne permettent pas de présenter tous les mots d'une phrase de manière simultanée sans introduire d'artefact lié aux mouvements oculaires. Dans les études utilisant ce type de technique, les mots de la phrase sont typiquement présentés un par un au centre de l'écran pour une durée déterminée (i.e., paradigme de « *rapid serial visual presentation* »). L'utilisation des mouvements oculaires en revanche permet aux participants de lire de manière beaucoup plus naturelle.

1.2. Les marqueurs de la lecture de phrase en mouvements oculaires

Dans cette section, nous présentons différentes mesures de mouvements oculaires reflétant différentes étapes de traitements de la reconnaissance des mots, de la plus précoce à la plus tardive. Cette fois encore, nous ne proposons pas une liste exhaustive et présentons les marqueurs sur lesquels nous nous concentrerons lors des analyses. Plusieurs de ces mesures ont déjà été définies dans le Chapitre 7. Cependant, leur interprétation en lecture

de phrases peut être différente de leur interprétation en lecture de mots isolés. Par ailleurs, il semble important de noter ici que la littérature en mouvements oculaires ne fournit pas de consensus strict quant aux stades de traitement reflétés par les différentes mesures (Clifton et al., 2007).

Probabilité de sauter le mot-cible

Cette mesure correspond à la probabilité pour un mot donné de ne pas être fixé. C'est la mesure la plus précoce de traitement d'un mot écrit en lecture de phrases puisqu'un mot est sauté s'il a déjà été traité de manière parafovéale lors de la fixation du mot précédent (Cohen & Staub, 2015; Frisson et al., 2005; Hawelka et al., 2010; Sereno et al., 2018; Sheridan & Reichle, 2016). Dans le cadre du modèle du lecteur E-Z, ce phénomène est expliqué par le fait que les stades de traitement du mot L1 et L2 soient complétés avant la fin du stade labile de programmation de la saccade (i.e., M1). Dans ce cas, une fois le stade de traitement L2 complété sur le mot n , l'attention du lecteur est déplacée (mais pas le regard) au mot $n+1$ et la saccade précédemment programmée est supprimée et remplacée par la programmation d'une saccade vers le mot $n+2$. Le mot $n+1$ ne reçoit donc pas de fixation puisqu'il a déjà été traité lors de la fixation sur le mot n .

Durée de la fixation unique

Comme en lecture de mots isolés, cette mesure n'est disponible que lorsque le participant n'a fait qu'une seule fixation sur le mot. Il s'agit de la durée de la première et unique fixation sur un mot donné. Bien que cette mesure reflète la somme de différents types de traitements (Boston et al., 2008; Rahmanian & Kuperman, 2017), en lecture de phrases elle est généralement interprétée comme reflétant un stade de traitement précoce indexant l'accès au lexique (Daneman & Reingold, 1993; Rayner et al., 1998) via l'application de la procédure orthographique (Hawelka et al., 2010).

Durée de la première fixation

Tout comme en lecture de mots isolés, cette mesure correspond à la durée de la première fixation faite sur le mot lorsque le participant en a fait plus d'une. Il s'agit d'une mesure reflétant un stade de traitement précoce du mot (Clifton et al., 2007; Kretzschmar et al., 2015; Parker et al., 2017; Rayner & Well, 1996; Sereno et al., 2018). Selon le modèle du lecteur E-Z, cette mesure reflète le stade de vérification de la familiarité orthographique du mot (i.e., stade L1). Plusieurs études montrent que la durée de la première fixation sur un mot-cible est plus courte en contexte prédictif qu'en contexte neutre ou incohérent (Parker et al.,

2017; Rayner et al., 2011; Staub, 2015). Ce pattern de résultats est typiquement interprété comme reflétant le fait que la pré-activation (complète ou partielle) du mot-cible via des processus d'activation *top-down* permet d'en faciliter le traitement dès les stades précoces. Par ailleurs, certaines études suggèrent que la durée de la première fixation est également influencée par l'activation des représentations phonologiques (Rayner et al., 1998; Slattery, Pollatsek, & Rayner, 2006).

Durée de la seconde fixation

Comme expliqué dans le Chapitre 7, cette mesure est définie comme la durée de la seconde fixation que le lecteur fait sur le mot. Selon le modèle du lecteur E-Z, un mot est fixé plusieurs fois au sein du premier passage de lecture si l'accès au lexique orthographique n'a pas pu être complété lors de la première fixation. Dans ce cas, tout comme la durée de la première fixation, cette mesure est susceptible d'indiquer le recours à la procédure de décodage (Hawelka et al., 2010). Quoiqu'il en soit, cette mesure reflète un stade de traitement relativement tardif puisqu'un premier traitement du mot a déjà été effectué lors de la première fixation.

Probabilité de refixation

De la même manière que lors du traitement de mots isolés (Chapitre 7), cette mesure est définie comme la probabilité que le lecteur fasse une seconde fixation sur un mot avant de le quitter. En mettant en lien les prédictions faites par le modèle du lecteur E-Z avec celles du modèle à double voie, cette mesure peut être interprétée comme un indice de la proportion de mots ayant été lus par le biais de la procédure de décodage (Hawelka et al., 2010).

Gaze duration

Comme déjà expliqué dans le Chapitre 7, cette mesure est définie comme la somme de toutes les fixations faites sur un mot lors du premier passage de lecture, avant que le regard du lecteur ne quitte ce mot. Il s'agit donc d'une mesure reflétant la somme de plusieurs types de traitement. En lecture de mots isolés, il s'agit de la mesure la plus tardive des mouvements oculaires étant donné qu'un seul passage de lecture est effectué sur le mot. En lecture de phrases, cette mesure est parfois interprétée comme reflétant un stade de traitement précoce (Jared et al., 1999; Staub, 2015) ou un stade de traitement tardif (Rayner et al., 1998) selon la question posée et les différentes mesures prises en compte (Clifton et al., 2007; Leinenger, 2014).

Durée totale de fixation

La durée totale de fixation correspond à la somme de la durée de toutes les fixations ayant été effectuées sur le mot-cible, régressions incluses. Il s'agit d'une mesure reflétant des processus cognitifs relativement lents et coûteux (Townsend, 2018). Cette mesure reflète donc un stade de traitement tardif et est généralement considérée comme indiquant les processus et difficultés d'intégration du mot au sein de la phrase ou du texte (Townsend, 2018).

1.3. Hypothèses & prédictions

Dans cette étude, notre objectif est à la fois d'examiner l'impact de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible et d'étudier la façon dont la prédictibilité de ce contexte peut moduler la contribution des représentations phonologiques lors de la reconnaissance du mot. Les participants ont effectué une tâche de compréhension de phrases écrites dans laquelle la consistance phonologique des mots-cibles ainsi que le degré de prédictibilité du contexte sémantique ont été manipulés. Pendant la lecture des phrases, les mouvements oculaires ont été enregistrés. Ce paradigme nous permet d'étudier trois questions principales. 1) De manière générale pour chaque population, comment le traitement d'un mot-cible est-il modulé par la prédictibilité du contexte, indépendamment du degré de consistance phonologique ? 2) Chez les normo-lecteurs, quel est l'impact de la prédictibilité du contexte sur le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques ? Et 3) Chez les individus dyslexiques manifestant un déficit de l'automatisme des liens entre orthographe et phonologie ainsi qu'une plus forte influence du contexte sémantique que les normo-lecteurs, la prédictibilité du contexte module-t-elle l'influence des représentations phonologiques de la même manière que chez les normo-lecteurs ?

De plus, comme dans l'étude présentée dans le Chapitre 7, nous avons divisé les participants normo-lecteurs en deux sous-groupes (i.e., lecteurs phonologiques et sémantiques) sur la base des performances obtenues lors de la session de prétests. Les questions 1 et 2 présentées ci-dessus ont également été examinées chez chacun de ces deux sous-groupes.

L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible

Chez les normo-lecteurs, de nombreuses études montrent que le traitement d'un mot-cible inséré dans un contexte phrastique prédictif est facilité dès les premiers stades de

traitements (i.e., vérification de la familiarité orthographique ; Parker et al., 2017; Rayner et al., 2011; Staub, 2011, 2015). En revanche, lors de l'insertion d'un mot-cible dans un contexte phrastique incohérent, le traitement du mot-cible est ralenti à partir des mesures reflétant l'accès au lexique (Ferguson & Sanford, 2008; Veldre & Andrews, 2018; Warren et al., 2008). Sur la base de ces résultats nous pouvons nous attendre à ce qu'en contexte prédictif, les durées de fixation sur le mot-cible soient plus courtes qu'en contexte neutre dès les durées de la première fixation et de la fixation unique. Les mots-cibles pourraient également être davantage sautés en contexte prédictif qu'en contexte neutre. En contexte incohérent, les durées de fixation devraient être plus longues qu'en contexte neutre à partir de la mesure de la *gaze duration*.

Toutefois, de récentes études suggèrent qu'en lecture de mots isolés, certains normo-lecteurs s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie tandis que d'autres s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016; Welcome & Alton, 2015; Welcome & Joannis, 2012; Woollams et al., 2016). Si ces différentes « stratégies » de lecture s'appliquent également en lecture de phrases, il est possible d'envisager que les lecteurs phonologiques soient moins influencés par la prédictibilité contexte phrastique que les lecteurs sémantiques. Ceci pourrait se traduire par une influence plus tardive et/ou moins importante du contexte chez les lecteurs phonologiques que chez les lecteurs sémantiques.

Concernant les individus dyslexiques, certaines études suggèrent qu'ils s'appuieraient davantage que les normo-lecteurs sur le contexte sémantique afin de pallier à leurs déficits en lecture (Ben-Dror et al., 1991; Bruck, 1990; Gallagher et al., 1996). Nous pouvons donc envisager que le contexte sémantique module davantage et/ou de manière plus précoce le traitement du mot-cible chez les individus dyslexiques que chez les normo-lecteurs. Si tel est le cas, l'influence d'un contexte prédictif sur les stades précoces de traitement pourrait être plus importante chez cette population par rapport aux normo-lecteurs. De la même manière, l'influence d'un contexte incohérent pourrait affecter le traitement du mot-cible de manière plus précoce (i.e., avant l'accès au lexique) et/ou plus importante que chez les normo-lecteurs. Un récapitulatif des différentes prédictions formulées est disponible dans le Tableau 8.1.

Tableau 8.1 : Récapitulatif des hypothèses et prédictions relatives à la question de l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible.

	Normo-lecteurs	Dyslexiques
Contexte prédictif	Effet facilitateur dès les stades précoces de traitement (i.e., probabilité de sauter le mot-cible)	Effet facilitateur plus important que chez les normo-lecteurs
Contexte incohérent	Effet d'inhibition après le stade de l'accès au lexique	Effet d'inhibition plus précoce et/ou plus important que chez les normo-lecteurs
	Lecteurs phonologiques	Lecteurs sémantiques
Contexte prédictif	Effet facilitateur moins important et/ou plus tardif que chez les lecteurs sémantiques	Effet facilitateur dès les stades de traitement précoce
Contexte incohérent	Effet d'inhibition moins important et/ou plus tardif que chez les lecteurs sémantiques	Effet d'inhibition plus important que chez les lecteurs phonologiques

L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques

Chez les normo-lecteurs, plusieurs études suggèrent qu'en lecture de phrases les représentations phonologiques seraient activées de manière précoces et pourraient participer à l'accès lexical (Chace et al., 2005; Inhoff & Topolski, 1994; Miell et Sparrow, 2004; Newman & Connolly, 2004; Niznikiewicz & Squires, 1996b; Rayner, 1998, 2009; Rayner et al., 1998). Il est donc possible qu'en contexte neutre, l'effet de consistance phonologique soit observé dès la durée de la première fixation. Par ailleurs, si les représentations phonologiques ont pu être pré-activées grâce à un contexte prédictif, l'influence de ces représentations pourrait être observée sur des mesures reflétant des stades de traitement plus précoces qu'en contexte neutre. À l'inverse, si en lecture de phrases l'activation des représentations phonologiques est tardive et n'intervient que de manière post-lexicale lorsqu'il est nécessaire de désambigüiser et/ou renforcer la stabilité des représentations orthographiques de l'input, l'influence de ces représentations devrait être moins importante en contexte prédictif qu'en contexte neutre. En contexte incohérent, si les représentations phonologiques n'influencent le traitement d'un mot que lorsqu'elles ont pu être pré-activées grâce au contexte, cette activation devrait être rendue plus difficile et l'influence des représentations phonologiques devrait être retardée (ou absente) par rapport au contexte neutre. À l'inverse si l'activation des représentations phonologiques est tardive et n'intervient que lors de la désambigüisation et/ou la stabilisation des représentations orthographiques liées à l'input, l'influence de ces représentations devrait être plus importante qu'en contexte neutre.

Par ailleurs, si les différences interindividuelles des normo-lecteurs quant aux capacités sémantiques et phonologiques influencent également le traitement des mots en contexte phrastique, la prédictibilité du contexte pourrait moduler l'activation des représentations phonologiques différemment chez les lecteurs phonologiques et sémantiques. Dans ce cas, l'influence des représentations phonologiques sur le traitement du mot-cible pourrait être moins importante chez les lecteurs sémantiques que chez les lecteurs phonologiques. Cette prédiction est en accord avec les prédictions faites par l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014).

Chez les individus dyslexiques, l'automatisme des liens entre orthographe et phonologie est déficitaire (Al Dahhan et al., 2014; Blau et al., 2009; Blomert, 2011; Breznitz, 2005; Georgiou et al., 2018; Jones et al., 2016). En contexte neutre, l'activation des représentations phonologiques pourrait donc être retardée par rapport aux normo-lecteurs et s'observer sur des mesures de traitement plus tardives. De plus, étant donné la dépendance particulière au contexte sémantique observée chez cette population, l'activation des représentations phonologiques pourrait être davantage modulée par le contexte que chez les normo-lecteurs. Si les individus dyslexiques s'appuient de manière plus importante sur le contexte sémantique afin de pré-activer les différentes représentations associées aux mots à venir et ainsi faciliter leurs traitements, en contexte prédictif l'influence des représentations phonologiques sur le traitement du mot-cible pourrait être aussi précoce et/ou plus important que chez les normo-lecteurs. En revanche en contexte incohérent, du fait de leur dépendance particulière au contexte (Corkett & Parrila, 2008) et de leurs déficits des associations entre représentations orthographiques et phonologiques (Al Dahhan et al., 2014; Blau et al., 2009; Blomert, 2011; Breznitz, 2005; Georgiou et al., 2018; Jones et al., 2016), les individus dyslexiques devraient être particulièrement affectés par l'incohérence du mot-cible et l'activation des représentations phonologiques pourrait être beaucoup plus tardive et/ou beaucoup plus importante que chez les normo-lecteurs. Un récapitulatif des différentes prédictions formulées est disponible dans le Tableau 8.2.

Tableau 8.2 : Récapitulatif des hypothèses et prédictions relatives à la question de l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques.

	Normo-lecteurs	Dyslexiques
Contexte prédictif	Influence des représentations phonologiques plus précoce qu'en contexte neutre si ces représentations ont pu être pré-activées grâce au contexte Pas d'influence des représentations phonologique ou plus tardive et/ou moins importante si ces représentations n'interviennent que de manière post-lexicale	Influence des représentations phonologiques plus précoce et/ou plus importante que chez les normo-lecteurs s'ils s'appuient davantage sur le contexte sémantique afin de pré-activer les représentations associées au mot-cible
Contexte neutre	Influence des représentations phonologiques dès les stades de traitement précoces	Influence des représentations phonologiques plus tardive que chez les normo-lecteurs
Contexte incohérent	Influence des représentations phonologiques retardée (ou absente) par rapport au contexte neutre si ces représentations n'influencent le traitement du mot que lorsqu'elles ont pu être pré-activées Influence des représentations phonologiques plus importante qu'en contexte neutre si ces représentations interviennent de manière post-lexicale lors de la stabilisation et/ou désambiguïsation des représentations orthographiques	Influence des représentations phonologiques plus tardive et/ou plus importante que chez les normo-lecteurs
	Lecteurs phonologiques	Lecteurs sémantiques
Contexte prédictif	Influence des représentations phonologiques plus précoce qu'en contexte neutre si ces représentations ont pu être pré-activées grâce au contexte Pas d'influence des représentations phonologique ou plus tardive et/ou moins importante si ces représentations n'interviennent que de manière post-lexicale	Influence des représentations phonologiques moins importante et/ou plus tardive que chez les lecteurs phonologiques
Contexte neutre	Influence des représentations phonologiques dès les stades de traitement précoces	Possible absence d'influence des représentations phonologiques
Contexte incohérent	Influence des représentations phonologiques retardée (ou absente) par rapport au contexte neutre si ces représentations n'influencent le traitement du mot que lorsqu'elles ont pu être pré-activées Influence des représentations phonologiques plus importante qu'en contexte neutre si ces représentations interviennent de manière post-lexicale lors de la stabilisation et/ou désambiguïsation des représentations orthographiques	Influence des représentations phonologiques moins importante que chez les lecteurs phonologiques

2. Méthode

2.1. Participants

Les participants ayant pris part à cette étude sont les mêmes que lors des trois tâches présentées précédemment (Chapitres 5 à 7).

2.2. Matériel

De la même manière que pour les tâches en modalité auditive présentées dans les Chapitres 5 et 6, les mots-cibles utilisés lors de la tâche de décision lexicale visuelle (Chapitre 7) ont été réutilisés et regroupés par paires (un mot consistant et un mot inconsistant). Au sein de chaque paire, les mots consistant et inconsistant commencent par le même phonème et étaient appariés en genre. Chaque mot a ensuite été inséré dans trois types de phrases (i.e., prédictive, neutre, et incohérente). De la même manière qu'en modalité auditive, pour chaque paire de mot nous avons créé trois phrases : deux phrases prédictives (une pour chaque mot de la paire), et une phrase neutre dans laquelle les deux mots de la paire pouvaient s'insérer de manière égale. Les phrases incohérentes ont été construites en permutant les mots-cibles des phrases prédictives (pour chaque paire de mots séparément). De la même manière que dans le chapitre 6, nous obtenons 6 phrases par paire de mots (cf. Tableau 8.3). Pour chaque paire de mots, l'article précédent le mot-cible a été gardé constant. Les phrases sont appariées en termes de nombre de mots précédant le mot-cible et, autant que possible, de structure syntaxique et de nombre de syllabe.

Tableau 8.3 : Exemple de phrases pour les mots « ordre » (phonologiquement consistant) et « os » (phonologiquement inconsistant)

	Mot phonologiquement consistant	Mot phonologiquement inconsistant
Phrases prédictives	<i>Le soldat doit obéir à un <u>ordre</u> de son supérieur</i>	<i>Le chien de Pierre ronge un <u>os</u> dans le jardin</i>
Phrases neutres	<i>Le voisin de Pierre donne un <u>ordre</u> à son chien</i>	<i>Le voisin de Pierre donne un <u>os</u> à son chien</i>
Phrases incohérentes	<i>Le chien de Pierre ronge un <u>ordre</u> dans le jardin</i>	<i>Le soldat doit obéir à un <u>os</u> de son supérieur</i>

La validité de notre matériel (i.e., degré prédictibilité et cohérence des phrases utilisées) a été vérifiée de la même manière que lors de la tâche de compréhension de phrases en modalité auditive (Chapitre 6, section 2.2) et auprès des mêmes étudiants. Les critères ayant permis de sélectionner les phrases sont les mêmes que ceux utilisés en modalité auditive. 204 phrases ont ainsi été testées (68 par contexte dont 34 construites avec un mot phonologiquement consistant et 34 avec un mot phonologiquement inconsistant). Lors de la sélection des phrases satisfaisant aux critères de sélection des deux phases de prétests, pour chaque paire de mots, si l'une des 6 phrases construites ne correspondait pas aux critères, l'ensemble de 6 phrases a été exclu. Les valeurs moyennes, minimums et maximums obtenues de *cloze probability* et de cohérence pour l'ensemble des phrases sélectionnées sont reportées dans le Tableau 8.4 pour chaque type de contexte.

Tableau 8.4: Valeurs minimums, maximums, et moyennes des phrases sélectionnées (cf. Annexe E) obtenues pour chaque type de contexte dans chacune des deux phases de prétests. Le haut du tableau présente les pourcentages de complétion par le mot-cible (cloze probability) obtenus lors de la première phase de prétest. Le bas du tableau présente les valeurs obtenues lors de la phase d'évaluation de la cohérence des phrases (1 = tout à fait cohérent, 5 = totalement incohérent).

<i>Phase 1, pourcentage de complétion des phrases par le mot-cible</i>			
	Minimum	Maximum	Moyenne
Phrases prédictives	62.5%	100%	86%
Phrases neutres	0%	20%	1.6%
Phrases Incohérentes	0%	0%	0%
<i>Phase 2, scores obtenus lors du jugement de la cohérence des phrases</i>			
	Minimum	Maximum	Moyenne
Phrases prédictives	1.1	2.2	1.5
Phrases neutres	1.1	2.8	1.6
Phrases Incohérentes	3	4.8	4.2

Sur les 204 phrases testées, 120 ont été retenues pour l'expérience et sont présentées en Annexe E (ce sont les phrases dont les mots-cibles correspondent aux mots utilisés lors de la tâche de décision lexicale présentée dans le Chapitre 7). Sur ces 120 phrases, il y avait 40 phrases prédictives (20 contenant un mot-cible phonologiquement consistant, 20 un mot-cible phonologiquement inconsistant), 40 phrases neutres (20 contenant un mot-cible phonologiquement consistant, 20 un mot-cible phonologiquement inconsistant), et 40 phrases incohérentes (20 contenant un mot-cible phonologiquement consistant, 20 un mot-cible phonologiquement inconsistant).

2.3. Procédure

Les participants ont été testés individuellement dans une pièce faiblement éclairée, assis à une distance de 60 cm de l'écran. Afin d'éviter au maximum tout mouvement latéral ou horizontal, ils avaient pour consigne d'appuyer le front sur le repose-front de la tour EyeLink 1000 et de mordre une barre (i.e., *bite-bar*) située face à eux (voir Ashby, Rayner, & Clifton, 2005 pour une procédure similaire). Les mouvements oculaires des participants ont été enregistrés via le même matériel expérimental et la même procédure que lors de la tâche de décision lexicale visuelle (Chapitre 7). Idem, avant chaque session expérimentale, une calibration à 9 points ainsi qu'une validation ont été effectuées et répétées jusqu'à ce que l'erreur de validation soit inférieure à 1° en moyenne et à 1.5° pour le point ayant la moins bonne calibration.

De la même manière que dans le Chapitre 7, les stimuli été affichés au centre d'un écran CRT de 21 pouces (ViewSonic P227f, taux de rafraichissement = 85Hz, résolution =

1600*1200 pixels), en noir (luminance : 0.3 cd/m²) sur un fond gris clair (luminance : 60 cd/m²) dans une police *Courrier New* (x-height = 0.25°). Les participants ont été informé qu'ils devaient limiter leurs mouvements au maximum durant toute la durée de l'expérience et cligner des yeux entre les essais. La Figure 8.1 illustre le déroulement temporel d'un essai. Comme lors de la tâche de décision lexicale visuelle, chaque essai commençait par un écran contenant deux barres verticales situées au centre de l'écran. Les participants devaient fixer le point de fixation situé entre ces deux barres et, une fois prêts, appuyer sur le bouton central du boîtier réponse situé en face d'eux tout en gardant le regard fixé sur le point de fixation au centre de l'écran. Si la fixation faite par le participant était détectée comme située sur le point de fixation, les barres verticales étaient déplacées à gauche de l'écran (i.e., à la même place que la première lettre du stimulus à paraître). Encore une fois, les participants devaient regarder le point de fixation situé entre les deux barres et, dès que le regard du participant était détecté comme étant situé sur ce point, la phrase était affichée à l'écran.

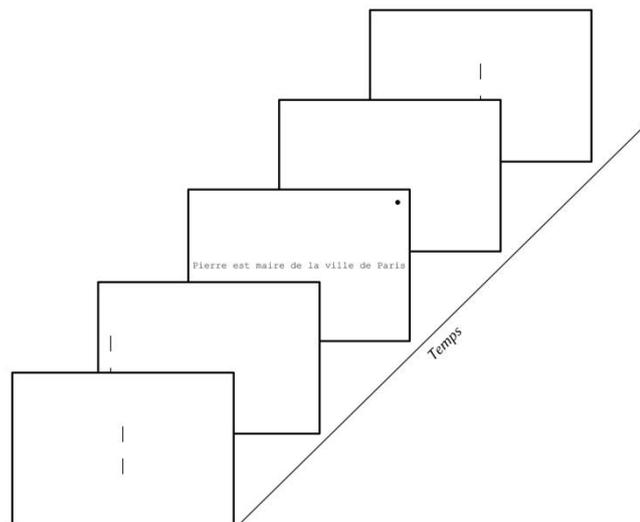


Figure 8.1 : Illustration du déroulement temporel d'un essai.

Les participants avaient pour consigne de lire les phrases à leur rythme dans le but de les comprendre, et de fixer le point situé en haut à droite de l'écran (● sur la Figure 8.1) dès qu'ils avaient fini de lire. Afin de s'assurer de l'attention des participants, 29 phrases *fillers* suivies d'une image ont été ajoutées à l'expérience. Lorsqu'une image apparaissait à l'écran, les participants avaient pour consigne d'indiquer si elle correspondait ou non à la phrase la précédant immédiatement. Ces phrases *fillers* pouvaient être cohérentes ou incohérentes et étaient grammaticalement similaires aux phrases expérimentales. Elles étaient présentées tous les 2 à 7 essais de manière aléatoire afin que les participants ne

puissent pas anticiper leur apparition. La taille de chaque image a été normalisée à 360*170 pixels. Après chaque image, les participants devaient indiquer si cette image correspondait ou non à la phrase la précédant immédiatement en appuyant sur le bouton droit (l'image correspond) ou sur le bouton gauche (l'image ne correspond pas) du boîtier réponse situé en face d'eux.

Les stimuli ont été divisés en 3 blocs de 40 phrases chacun : 20 phrases contenant un mot-cible phonologiquement consistant (6 à 7 phrases de chaque contexte), 20 phrases contenant un mot-cible phonologiquement inconsistant (6 à 7 phrases de chaque contexte). Dans chaque bloc, 5 à 10 phrases *fillers* ont été ajoutées. A l'intérieur de chaque bloc, un même mot-cible et une même phrase n'apparaissaient qu'une seule fois. De plus, les stimuli étaient pseudo-randomisés de manière à ce qu'une condition donnée n'apparaisse pas plus de trois fois consécutives. Pour chaque paire de participants (dyslexique et normo-lecteur apparié), une nouvelle pseudo-randomisation a été générée et l'ordre des blocs a été contrebalancé entre les participants. Deux essais factices (buffers) supplémentaires ont été ajoutés au début de chaque bloc (et non inclus dans les analyses) afin de s'assurer de l'attention des participants avant de diffuser les items-cibles. L'expérience commençait par une session d'entraînement contenant 14 essais (4 phrases prédictives, 4 phrases incohérentes, 4 phrases non-prédictives, et 2 phrases *fillers*) afin de familiariser les participants avec la tâche.

2.4. Analyses et prétraitements

Comme lors des trois expériences précédentes, les données de l'une des participantes dyslexiques ont été exclues des analyses (ainsi que la normo-lectrice lui étant appariée) sur la base des performances obtenues durant la session prétests. Par ailleurs, ayant déclaré l'usage d'une stratégie interférant avec la validité des résultats de l'expérience (i.e., regarder les mots-cibles incohérents plus longtemps pour que l'expérimentateur sache qu'il les avait détecté), un autre participant dyslexique (et le normo-lecteur lui étant apparié) a été exclu des analyses. L'analyse des mouvements oculaires a été restreinte à la lecture du mot-cible (voir Yagüe et al., 2017 pour une procédure similaire).

Pour chacune des analyses effectuées, les fixations localisées en dehors des régions d'intérêt sélectionnées, les essais contenant des clignements, et les durées de fixations déviant de ± 2.5 écart-types de la moyenne (calculée pour chaque participant et chaque condition séparément) ont été exclus (voir Townsend, 2018, pour une procédure similaire).

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel *R* (Version 3.5.0) et du package *lme4* (Bates et al., 2015). Les valeurs *p* et les erreurs standards ont été déterminées à l'aide du package *lmerTest* (Kuznetsova et al., 2017). Puisque les analyses s'appuient sur un design factoriel, les contrastes et les effets principaux ont été évalués via la méthode des « moyennes marginales estimées » (Searle et al., 1980) à l'aide des packages *multcomp* (Hothorn et al., 2008) et *emmeans* (Lenth, 2016). Cette méthode permet d'estimer les moyennes marginales prédites par un modèle donné pour différents types de contrastes tout en corrigeant les résultats pour les comparaisons multiples (i.e., ajustement de Tukey).

Les temps de fixations ont été analysés via l'application de modèles LME, tandis que les probabilités de refixation et de sauter le mot ont été analysées via l'application de modèles gLME (Baayen, 2008). Seules les covariables améliorant le modèle de manière significative ont été retenues (à part quelques exceptions décrites dans la section Résultats) et seuls les résultats issus de ces modèles sont présentés. De même que dans les Chapitres 5 et 7, les critères d'information Akaike et les tests de rapport de vraisemblance (i.e., *likelihood-ratio*) ont été utilisés afin de sélectionner le modèle (Matuschek et al., 2017; Zuur et al., 2010). Les tests de rapport de vraisemblance ont été effectués via la fonction *anova()* du package *lme4*.

Pour chacune des questions posées, sept variables dépendantes ont été considérées : la durée totale de fixation, la *gaze duration*, la probabilité de refixation, les durées de fixation unique, première fixation, et seconde fixation, et la probabilité de sauter le mot-cible. Les mesures de probabilité de sauter le mot-cible, de durée de fixation unique et de première fixation nous renseignent sur les processus de traitement précoces du mot-cible tandis que les quatre autres nous renseignent sur les processus plus tardif et/ou plus globaux de traitement. Nous avons d'abord comparé les groupes d'individus dyslexiques et normo-lecteurs, puis nous avons analysé de manière exploratoire les différences interindividuelles des normo-lecteurs via la comparaison de deux sous-groupes (i.e., lecteurs phonologiques et sémantiques).

Dans cette étude, nous n'avons pris en compte que les variables dépendantes mesurées directement sur le mot-cible bien que certaines études suggèrent que l'activation des représentations phonologiques puisse avoir lieu avant que ce mot soit fixé (Chace et al., 2005; Mielliet & Sparrow, 2004) et que d'autres suggèrent que les effets de contexte liés au traitement du mot-cible peuvent être observés lors des durées de fixation sur le mot suivant

(Calvo & Meseguer, 2002; Frisson, Koole, Hughes, Olson, & Wheeldon, 2014). Cependant, une exploration préliminaire des données a révélé que l'article précédant immédiatement le mot-cible recevait trop peu de fixations pour donner lieu à une analyse, particulièrement chez les normo-lecteurs. Par ailleurs la manière dont notre matériel est construit ne permet pas non plus d'analyser les répercussions de l'effet de contexte sur les durées de fixation du mot suivant le mot-cible étant donné que la structure des fins de phrases (i.e., après le mot-cible) n'a pas été contrôlée.

3. Résultats

3.1. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs

Pour les analyses présentées dans cette section, les modèles LME et gLME créés contenaient 2 effets fixes (groupe : dyslexiques vs. normo-lecteurs ; contexte : prédictif vs. neutre vs. incohérent), leur interaction, et des interceptes aléatoires par sujet et par item. L'influence de la prédictibilité du contexte a été examinée via la comparaison des données obtenues en contexte prédictif et incohérent à celles obtenues en contexte neutre. Aucune covariable n'a été ajoutée au modèle car aucune n'améliorait l'ajustement du modèle aux données de manière cohérente entre les différentes variables dépendantes examinées. Pour les variables dépendantes durée de la fixation unique, durée de la première fixation, *gaze duration*, et durée totale de fixation, l'ajout d'aucune covariable n'améliorait l'ajustement du modèle. Pour les variables dépendantes probabilité de sauter le mot, probabilité de refixation, et durée de la seconde fixation, l'ajustement du modèle était amélioré soit par l'ajout de(s) la covariable(s) nombre de lettres, nombre de phonèmes et point d'unicité orthographique, ou des trois, respectivement. De même, pour la majorité des variables dépendantes (i.e., probabilité de sauter le mot, probabilité de refixation, durée de la fixation unique, et durée de la première fixation), l'ajout de pentes aléatoires par contexte pour chaque sujet et par groupe pour chaque mot-cible n'améliorait pas l'ajustement du modèle. Cependant dans le cas où l'ajout d'une (ou plusieurs) covariable(s) et/ou de pentes aléatoires améliorai(en)t le modèle, nous avons pris soin de vérifier que cela ne modifiait pas le pattern de résultats. Le nombre d'observations disponibles pour les différentes mesures de durées de fixation, chaque groupe, et chaque contexte est rapporté ci-dessous dans le Tableau 8.5.

Tableau 8.5 : Nombre d'observations pour les variables dépendantes durée de la fixation unique, durée de la première fixation, durée de la seconde fixation, gaze duration, et durée totale de fixation en fonction du groupe et du contexte.

Groupe	Contexte	Fixation unique	Première fixation	Seconde fixation	Gaze duration	Durée totale de fixation
Dyslexiques	Prédictif	743	145	142	891	927
	Neutre	731	173	162	906	952
	Incohérent	696	190	174	890	942
Normo-lecteurs	Prédictif	774	122	119	897	930
	Neutre	831	123	116	954	983
	Incohérent	768	157	138	926	981

Durée totale de fixation

Les valeurs moyennes de durée totale de fixation pour chaque groupe et chaque condition sont disponibles dans la Figure 8.2 (panel B). L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,inf) = 336.4$, $p < .001$], un effet principal de groupe [$F(1,inf) = 16.9$, $p < .001$], ainsi qu'une interaction entre groupe et contexte [$F(2,inf) = 39.8$, $p < .001$]. Les comparaisons post-hoc révèlent que, pour les deux groupes, les durées totales de fixation sur le mot-cible étaient plus courtes en contexte prédictif qu'en contexte neutre (normo-lecteurs : estimation = 57.68, écart-type = 9.51, ratio $t = 6.064$, $p < .001$; dyslexiques : estimation = 115, écart-type = 9.60, ratio $t = 11.980$, $p < .001$), et plus longues en contexte incohérent qu'en contexte neutre (normo-lecteurs : estimation = -57.55, écart-type = 9.38, ratio $t = -6.138$, $p < .001$; dyslexiques : estimation = -120.94, écart-type = 9.56, ratio $t = -12.650$, $p < .001$). De plus, les différences de groupes dans chaque type de contexte indiquent que les individus dyslexiques fixaient le mot-cible plus longtemps que les normo-lecteurs en contexte neutre et incohérent, mais pas en contexte prédictif (contexte prédictif : estimation = -47.43, écart-type = 27.15, ratio $t = -1.747$, $p = .09$; contexte neutre : estimation = -104.76, écart-type = 27.09, ratio $t = -3.868$, $p < .001$; contexte incohérent : estimation = -168.2, écart-type = 27.1, ratio $t = -6.204$, $p < .001$).

Gaze duration

Les valeurs de gaze duration moyennes pour chaque groupe et chaque condition sont disponibles dans la Figure 8.2 (panel A). L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,inf) = 49.9$, $p < .001$] et aucun effet principal de groupe [$F(1,inf) = 2.7$, $p = .10$]. L'absence d'interaction entre groupe et contexte [$F(2,inf) = 2.2$, $p = .12$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux groupes. Les comparaisons post-hoc indiquent que les participants faisaient des fixations plus courtes sur le mot-cible en contexte prédictif qu'en

contexte neutre (estimation =22.26, écart-type =3.93, ratio $t=5.667$, $p <.001$) et plus longues en contexte neutre qu'en contexte incohérent (estimation =-17.14, écart-type =3.91, ratio $t=-4.380$, $p <.001$).

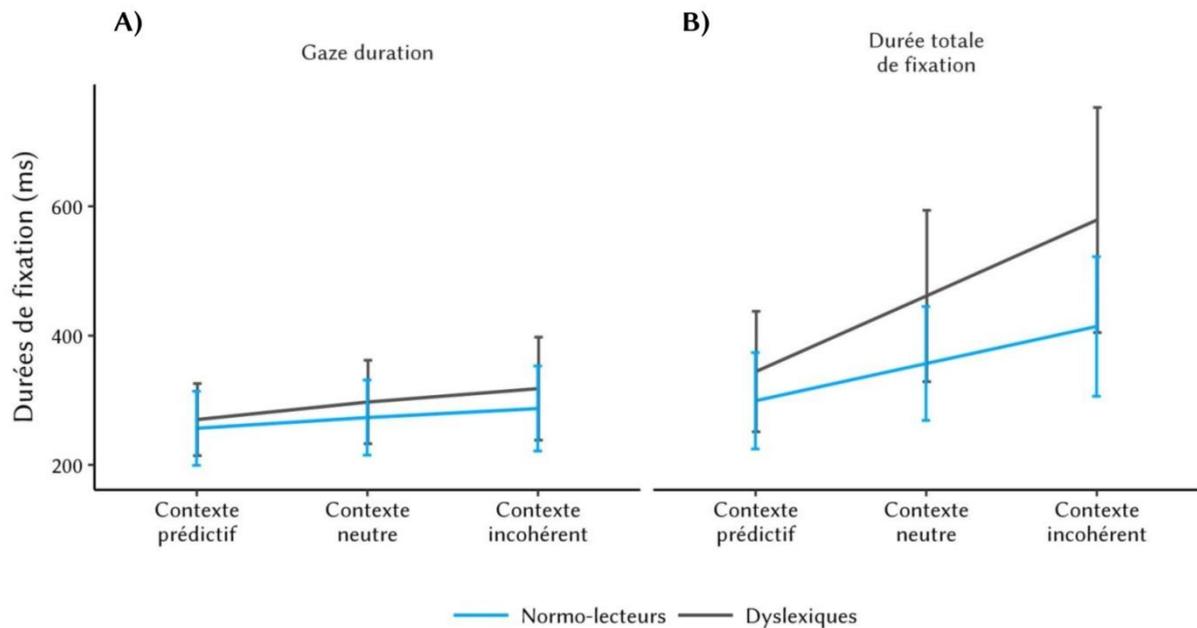


Figure 8.2 : Durées moyennes de fixation sur le mot-cible en fonction du contexte pour les mesures de la gaze duration (panel A) et de la durée totale de fixation (panel B) pour chaque type de contexte chez les individus dyslexiques (gris foncé) et normo-lecteurs (bleu). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

Probabilité de refixation

Les valeurs moyennes de probabilité de refixation pour chaque groupe et chaque contexte sont rapportées dans la Figure 8.3 (panel A). L'analyse de cette mesure révèle également un effet principal de contexte [$F(2,\text{inf})=7.4$, $p <.001$] et aucun effet principal de groupe [$F(1,\text{inf})=2.8$, $p =.10$]. Encore une fois, l'absence d'interaction entre groupe et contexte [$F(2,\text{inf})=0.9$, $p =.39$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux groupes. Les comparaisons post-hoc révèlent que les participants refixaient davantage le mot-cible en contexte incohérent qu'en contexte neutre (estimation =-0.26, écart-type =0.09, ratio $z=-2.741$, $p <.02$) et que la probabilité de refixation n'était pas différente entre contexte neutre et prédictif (estimation =0.09, écart-type =0.10, ratio $z=0.945$, $p =.61$).

Durée de la fixation unique

Les durées moyennes de la fixation unique pour chaque groupe et chaque type de tâche sont disponibles dans la Figure 8.3 (panel B). Encore une fois, l'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,4456)=30.2$, $p <.001$] et aucun effet principal de groupe [$F(1,54)=1.5$, $p =.23$]. L'absence d'interaction entre groupe et contexte

[$F(2,4453) = 0.1, p = .89$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux groupes. Les comparaisons post-hoc indiquent que les participants faisaient des fixations plus courtes sur le mot-cible en contexte prédictif qu'en contexte neutre (estimation = 16.77, écart-type = 3.05, ratio $t = 5.491, p < .001$) et que les durées de fixation unique entre contexte neutre et incohérent n'étaient pas différentes (estimation = -6.52, écart-type = 3.08, ratio $t = -2.116, p = .09$).

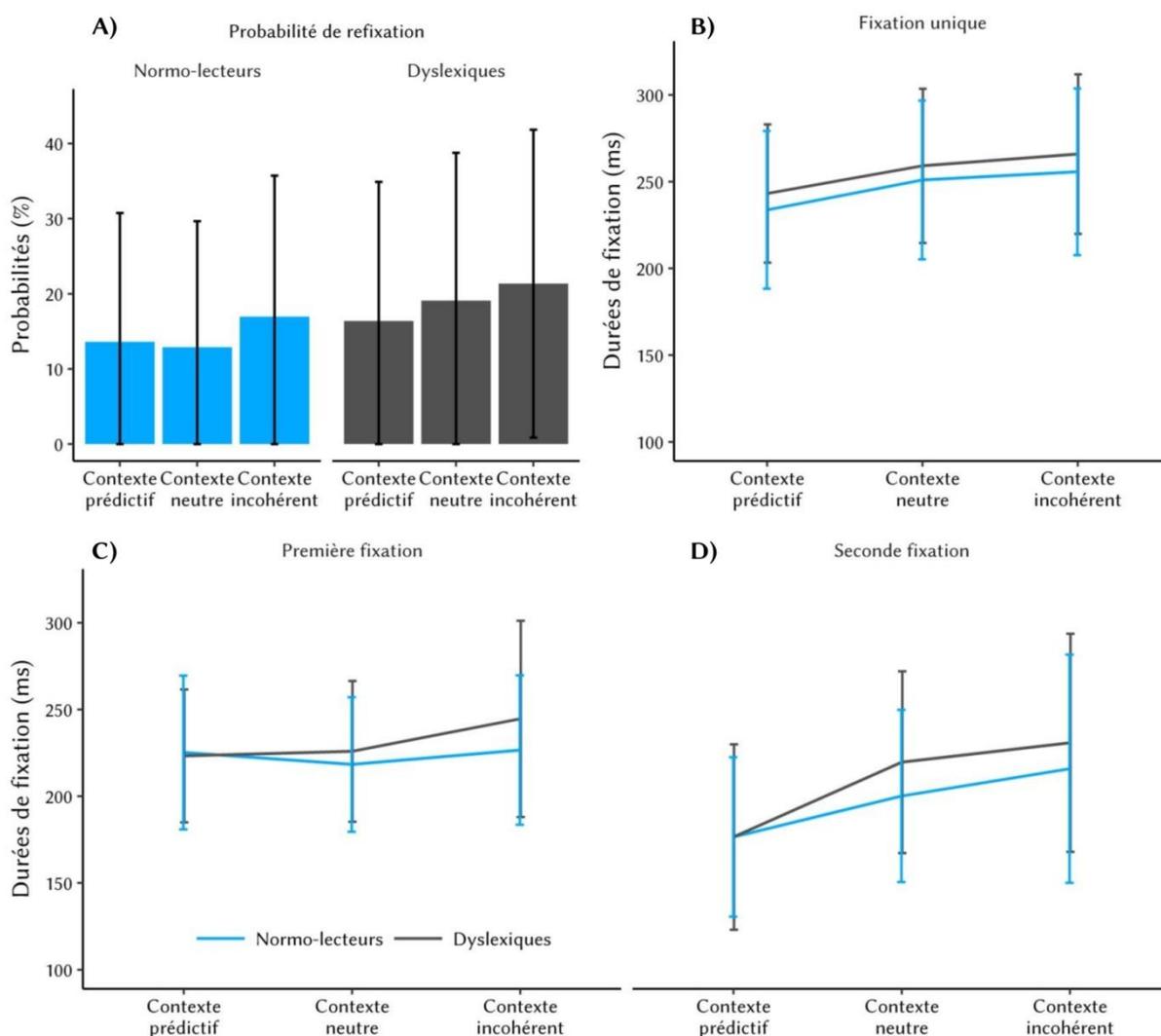


Figure 8.3 : Probabilités moyennes de refixation du mot-cible pendant le premier passage de lecture (panel A) et durées moyennes des fixation unique (panel B), première fixation (panel C), et seconde fixation (panel D) pour chaque type de contexte chez les individus dyslexiques (gris foncé) et normo-lecteurs (bleu). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

Durée de la première fixation

Les durées moyennes de la première fixation pour chaque groupe et chaque type de tâche sont disponibles dans la Figure 8.3 (panel C). L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,867) = 3.1, p < .05$] et aucun effet principal de groupe [$F(1,50) = 0.3, p = .61$]. L'absence d'interaction entre groupe et contexte [$F(2,869) = 1.1, p = .34$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux groupes. Bien que l'effet principal de contexte soit significatif, les comparaisons post-hoc n'indiquent aucune différence entre contexte prédictif et contexte neutre (estimation = 1.08, écart-type = 6.97, ratio $t = 0.155, p = .99$) ni entre contexte neutre et contexte incohérent (estimation = -13.41, écart-type = 6.51, ratio $t = -2.059, p = .10$).

Durée de la seconde fixation

Les durées moyennes de la seconde fixation pour chaque groupe et chaque type de tâche sont disponibles dans la Figure 8.3 (panel D). L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,817) = 17.0, p < .001$] et aucun effet principal de groupe [$F(1,48) = 0.2, p = .65$]. L'absence d'interaction entre groupe et contexte [$F(2,807) = 0.4, p = .69$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux groupes. Les comparaisons post-hoc indiquent que les participants faisaient des fixations plus courtes sur le mot-cible en contexte prédictif qu'en contexte neutre (estimation = 39.10, écart-type = 9.16, ratio $t = 4.270, p < .001$) et que les durées de seconde fixation entre contexte neutre et contexte incohérent n'étaient pas différentes (estimation = -11.06, écart-type = 8.64, ratio $t = -1.280, p = .41$).

Probabilité de sauter le mot-cible

Les valeurs moyennes de probabilité de sauter le mot-cible pour chaque groupe et chaque contexte sont rapportées dans la Figure 8.4. L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,\text{inf}) = 18.8, p < .001$], et aucun effet principal de groupe [$F(1,\text{inf}) = 1.6, p = .21$]. L'absence d'interaction entre groupe et contexte [$F(2,\text{inf}) = 0.3, p = .74$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux groupes. Les comparaisons post-hoc révèlent que les participants sautaient davantage le mot-cible en contexte prédictif qu'en contexte neutre (estimation = -0.53, écart-type = 0.12, ratio $z = -4.462, p < .001$) et que la probabilité de sauter le mot-cible n'était pas différente entre contexte neutre et incohérent (estimation = 0.17, écart-type = 0.13, ratio $z = 1.258, p = .42$).

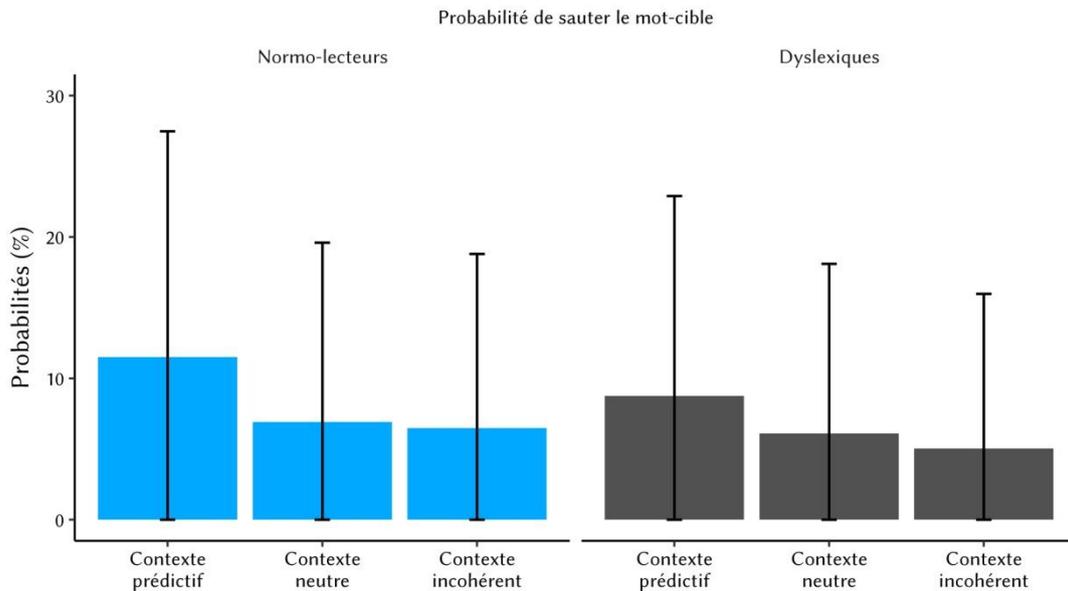


Figure 8.4 : Probabilités moyennes de sauter le mot-cible pour chaque type de contexte chez les individus dyslexiques (gris foncé) et normo-lecteurs (bleu). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

3.2. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs

Pour les analyses présentées dans cette section, les modèles LME et gLME créés contenaient 3 effets fixes (groupe : dyslexiques vs. normo-lecteurs ; contexte : prédictif vs. non-prédictif vs. incohérent ; consistance : mots consistants vs. inconsistants), leurs interactions, ainsi que 2 effets aléatoires impliquant une pente aléatoire de l'effet de consistance pour chaque sujet et de l'effet de contexte pour chaque item. Nous avons ajouté le facteur « nombre de lettres » en tant que covariable car il permettait d'améliorer l'ajustement du modèle aux données dans la majorité des analyses (à savoir, les analyses portant sur la probabilité de sauter le mot, la probabilité de refixation, la durée de la fixation unique, et la durée totale de fixation). Cette fois encore, nous avons pris soin de vérifier que l'ajout de cette covariable aux modèles dont elle n'améliorait pas l'ajustement ne modifiait pas le pattern des résultats obtenus.

Étant donné que les questions de l'influence du contexte sémantique sur le traitement du mot-cible pour chaque groupe de lecteurs (normo-lecteurs et dyslexiques) ainsi que l'effet de groupe dans chaque type de contexte et leurs interactions ont déjà été examinées dans la section 3.1 de ce chapitre, nous ne rapportons dans cette section que l'effet principal de consistance et les interactions suivantes : groupe *contexte* consistance, groupe* consistance, et contexte *consistance. Le nombre d'observations disponibles pour

les différentes mesures de durées de fixation, chaque groupe, chaque contexte, et chaque type de mot est rapporté ci-dessous dans le Tableau 8.6.

Tableau 8.6 : Nombre d'observations pour les variables dépendantes durée de la fixation unique, durée de la première fixation, durée de la seconde fixation, gaze duration, et durée totale de fixation en fonction du groupe, du contexte, et du type de mot.

Groupe	Contexte	Consistance	Fixation unique	Première fixation	Seconde fixation	Gaze duration	Durée totale de fixation
Dyslexiques	Prédicatif	Consistant	386	88	86	475	483
		Inconsistant	357	57	56	416	444
	Neutre	Consistant	376	103	96	481	492
		Inconsistant	355	70	66	425	460
	Incohérent	Consistant	343	109	96	455	475
		Inconsistant	353	81	78	435	467
Normo-lecteurs	Prédicatif	Consistant	401	78	75	479	486
		Inconsistant	373	44	44	418	444
	Neutre	Consistant	421	75	69	496	507
		Inconsistant	410	48	47	458	476
	Incohérent	Consistant	378	107	98	486	505
		Inconsistant	390	50	40	440	476

Durée totale de fixation

Les durées totales de fixation moyennes pour chaque groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.5 (panel B). L'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,41) = 1, p = .32$], ni aucune interaction entre groupe et consistance [$F(1,53) = 1.6, p = .22$], et entre groupe, contexte, et consistance [$F(2,5508) = 1.2, p = .29$]. Cependant, l'interaction entre contexte et consistance était significative [$F(2,37) = 4.4, p = .02$], ce qui suggère que l'effet de consistance était différent selon le contexte sémantique. Les comparaisons post-hoc révèlent qu'en contexte incohérent, les participants exhibaient des durées totales de fixation plus longues pour les mots phonologiquement consistants que pour les mots phonologiquement inconsistants (estimation = 54.07, écart-type = 28.02, ratio $t = 1.930, p = .05$), tandis qu'aucune différence entre les deux conditions n'était observée pour les contextes neutre et prédictif (contexte neutre : estimation = 15.08, écart-type = 20.85, ratio $t = 0.723, p = .47$; contexte prédictif : estimation = -19.20, écart-type = 17.04, ratio $t = -1.127, p = .26$).

Gaze duration

Les valeurs moyennes de *gaze duration* pour chaque groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.5 (panel A). L'analyse de cette mesure ne

révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,39) = 1.5, p = .23$], ni aucune interaction entre groupe et consistance [$F(1,34) = 0.1, p = .72$], entre contexte et consistance [$F(2,37) = 0.6, p = .54$], et entre groupe, contexte, et consistance [$F(2,5264) = 0.02, p = .98$].

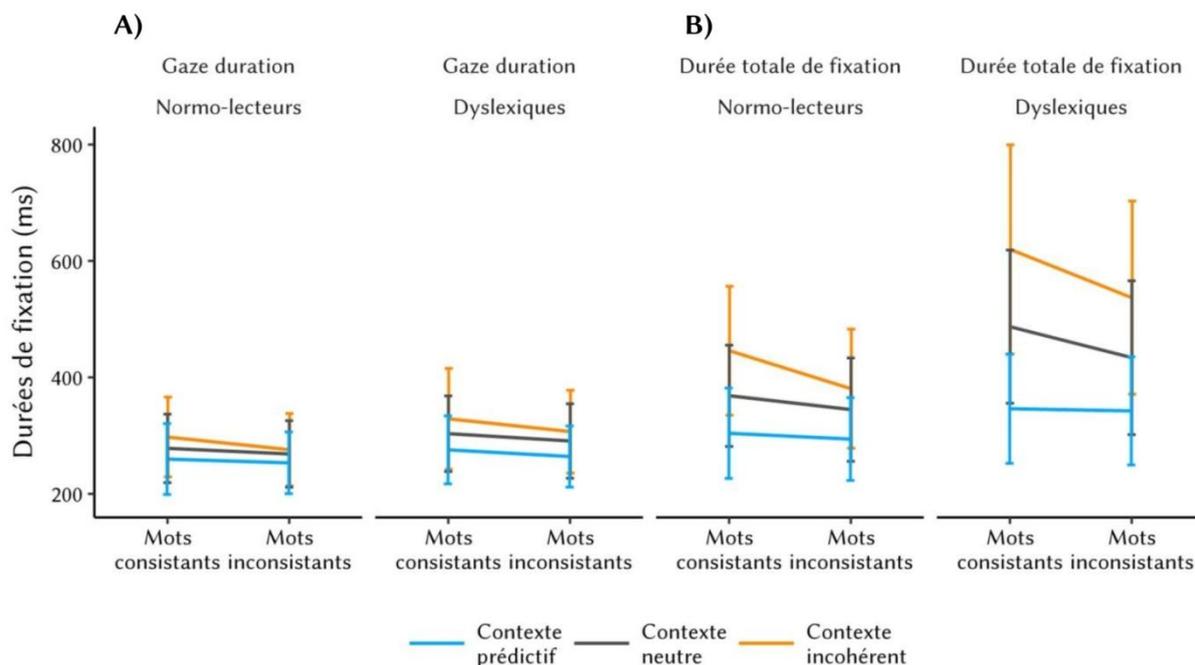


Figure 8.5 : Durées moyennes de fixation sur le mot-cible pour les mesures de gaze duration (panel A) et de durée totale de fixation (panel B) pour chaque groupe et chaque type de mot (phonologiquement consistants et inconsistants) en contexte prédictif (bleu), neutre (gris foncé), et incohérent (orange). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

Probabilité de refixation

Les valeurs moyennes de probabilité de refixation pour chaque groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont rapportées dans la Figure 8.6 (panel A). L'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,\text{inf}) = 1.4, p = .24$], ni aucune interaction entre groupe et consistance [$F(1,\text{inf}) = 3.4, p = .06$], entre contexte et consistance [$F(2,\text{inf}) = 0.6, p = .56$], et entre groupe, contexte, et consistance [$F(2,\text{inf}) = 0.9, p = .40$].

Durée de la fixation unique

Les durées moyennes de fixation unique pour chaque groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.6 (panel B). Encore une fois, l'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,38) = 2.3, p = .14$], ni aucune interaction entre groupe et consistance [$F(1,53) = 1.1, p = .31$], entre contexte et consistance [$F(2,37) = 0.4, p = .66$], et entre groupe, contexte, et consistance [$F(2,4368) = 0.2, p = .84$].

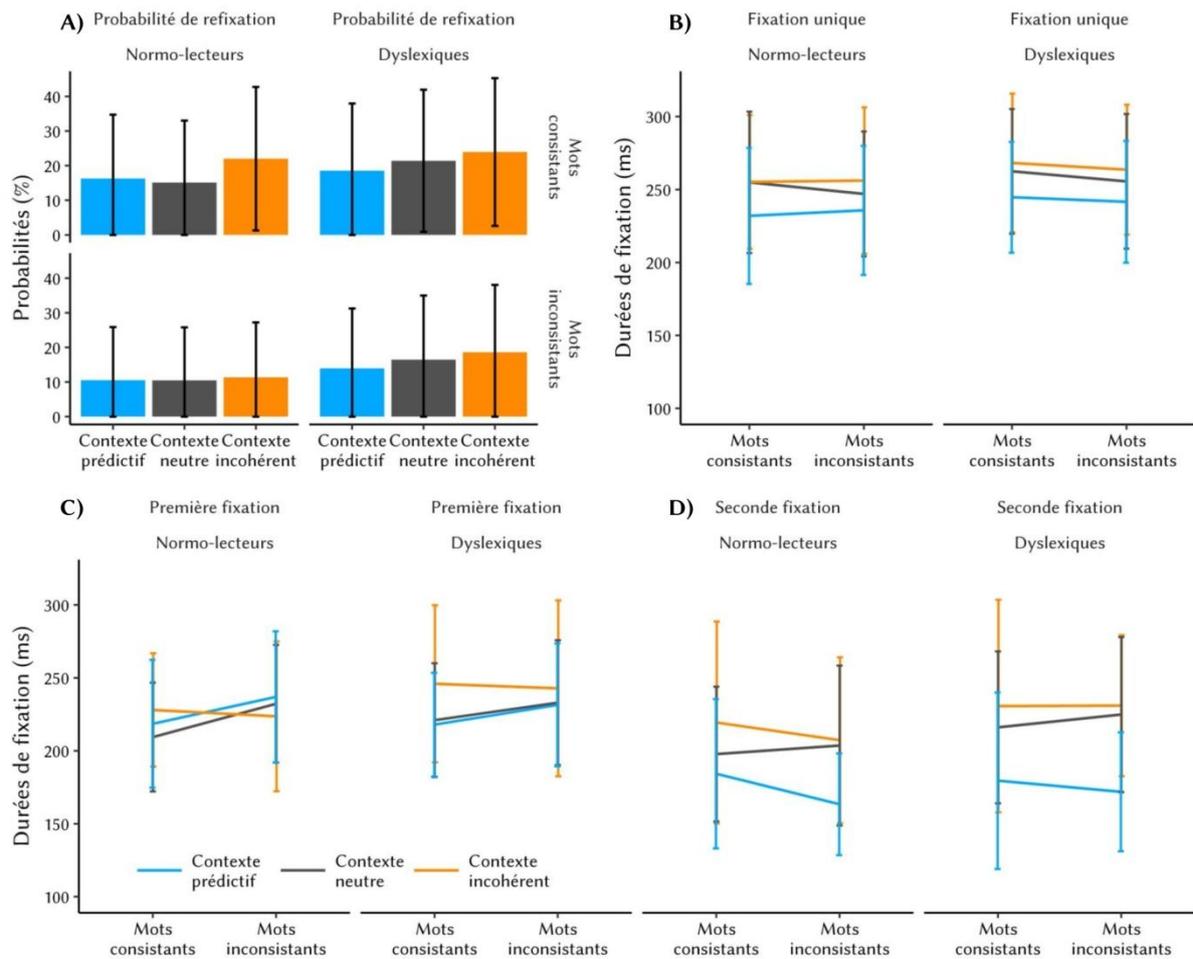


Figure 8.6 : Probabilités moyennes de relecture du mot-cible pendant le premier passage de lecture (panel A) et durées moyennes des fixations uniques (panel B), première fixation (panel C), et seconde fixation (panel D) pour chaque groupe et chaque type de mots (phonologiquement consistants et inconsistants) en contexte prédictif (bleu), neutre (gris foncé), et incohérent (orange). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

Durée de la première fixation

Les durées moyennes de première fixation pour chaque groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.6 (panel C). L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de consistance marginalement significatif [$F(1,25) = 3.7, p = .07$]. Les participants des deux groupes avaient tendance à effectuer des fixations plus courtes sur les mots consistants que sur les mots inconsistants. L'analyse ne révèle aucune interaction entre groupe et consistance [$F(1,30) = 0.8, p = .38$], entre contexte et consistance [$F(2,37) = 1.2, p = .32$], ni entre groupe, contexte, et consistance [$F(2,824) = 0.01, p = .99$].

Durée de la seconde fixation

Les durées moyennes de seconde fixation pour chaque groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.6 (panel D). Tout comme lors des trois analyses précédentes, l'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de

consistance [$F(1,36) = 0.4, p = .54$], ni aucune interaction entre groupe et consistance [$F(1,34) = 0.1, p = .72$], entre contexte et consistance [$F(2,37) = 0.6, p = .53$], et entre groupe, contexte, et consistance [$F(2,761) = 0.1, p = .94$].

Probabilité de sauter le mot-cible

Les valeurs moyennes de probabilité de sauter le mot-cible pour chaque groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont rapportées dans la Figure 8.7. L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de consistance [$F(1,inf) = 8.0, p < .005$], les participants sautaient davantage les mots-cibles phonologiquement inconsistants que les mots-cibles phonologiquement consistants. L'absence d'interaction entre groupe et consistance [$F(1,inf) = 1.2, p = .28$], entre contexte et consistance [$F(2,inf) = 0.6, p = .94$], et entre groupe, contexte, et consistance [$F(2,inf) = 0.02, p = .98$] indique que l'effet de consistance était similaire dans chaque type de contexte pour les deux groupes.

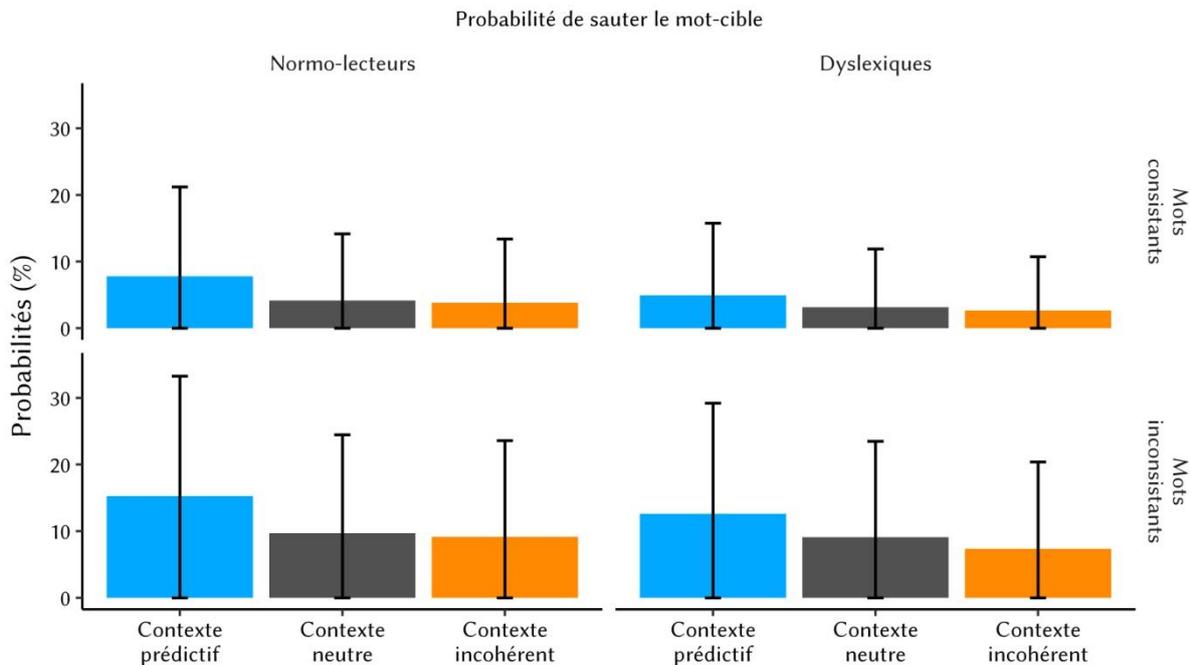


Figure 8.7 : Probabilités moyennes de sauter le mot-cible pour chaque groupe et chaque type de mots (phonologiquement consistants et inconsistants) en contexte prédictif (bleu), neutre (gris foncé), et incohérent (orange). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

3.3. Exploration de l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible en fonction des différences interindividuelles des normo-lecteurs

De la même manière que pour les analyses présentées dans les sections précédentes, les modèles LME et gLME créés contenaient 2 effets fixes (sous-groupe : lecteurs

phonologiques vs. lecteurs sémantiques ; contexte : prédictif vs. neutre vs. incohérent), leur interaction, et des interceptes aléatoires par sujet et par item. L'influence de la prédictibilité du contexte a été examinée via la comparaison des données obtenues en contexte prédictif et incohérent à celles obtenues en contexte neutre. Aucune covariable n'a été ajoutée au modèle car aucune n'améliorait l'ajustement du modèle aux données de manière cohérente entre les différentes variables dépendantes examinées. Pour les variables dépendantes durée de la fixation unique, durée de la première fixation, *gaze duration*, et durée totale de fixation, l'ajout d'aucune covariable n'améliorait l'ajustement du modèle. Pour les variables dépendantes probabilité de sauter le mot, probabilité de refixation, et durée de la seconde fixation, l'ajustement du modèle était amélioré soit par l'ajout de(s) la covariable(s) nombre de lettres, point d'unicité orthographique, ou nombre de lettres, nombre de phonèmes et point d'unicité orthographique, respectivement. De même, pour la majorité des variables dépendantes (i.e., probabilité de sauter le mot, probabilité de refixation, durée de la fixation unique, durée de la première fixation, et *gaze duration*), l'ajout de pentes aléatoires par contexte pour chaque sujet et par groupe pour chaque mot-cible n'améliorait pas l'ajustement du modèle. Dans le cas où l'ajout d'une (ou plusieurs) covariable(s) et/ou de pentes aléatoires améliorai(en)t le modèle, nous avons pris soin de vérifier que cela ne modifiait pas le pattern de résultats. Le nombre d'observations disponibles pour les différentes mesures de durées de fixation, chaque sous-groupe, et chaque contexte est rapporté ci-dessous dans le Tableau 8.7.

Tableau 8.7 : Nombre d'observations pour les variables dépendantes durée de la fixation unique, durée de la première fixation, durée de la seconde fixation, *gaze duration*, et durée totale de fixation en fonction du sous-groupe et du contexte.

Sous-groupe	Contexte	Fixation unique	Première fixation	Seconde fixation	Gaze duration	Durée totale de fixation
Lecteurs phonologiques	Prédictif	388	74	72	462	477
	Neutre	414	74	72	488	504
	Incohérent	377	84	79	462	492
Lecteurs sémantiques	Prédictif	386	48	47	435	453
	Neutre	417	49	44	466	479
	Incohérent	391	73	59	464	489

Durée totale de fixation

Les durées totales de fixation moyennes pour chaque sous-groupe et chaque type de contexte sont disponibles dans la Figure 8.8 (panel B). Cette fois encore, l'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,2828) = 111.6, p < .001$] et aucun effet principal de sous-groupe [$F(1,26) = 2.4, p = .13$]. L'absence d'interaction entre sous-groupe et

contexte [$F(2,2827) = 2.3, p = .10$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux sous-groupes. Les comparaisons post-hoc indiquent que les participants faisaient des fixations plus courtes sur le mot-cible en contexte prédictif qu'en contexte neutre (estimation = 58.64, écart-type = 7.74, ratio $t = 7.578, p < .001$) et plus longues en contexte neutre qu'en contexte incohérent (estimation = -57.06, écart-type = 7.63, ratio $t = -7.482, p < .001$).

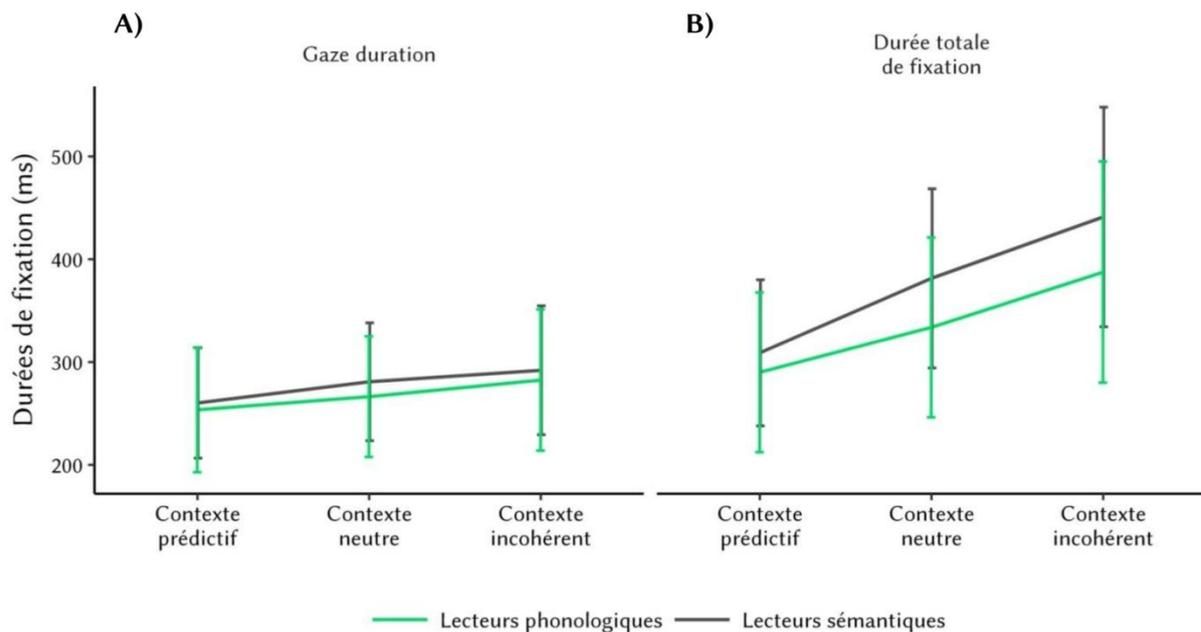


Figure 8.8 : Durées moyennes de fixation sur le mot-cible en fonction du contexte pour les mesures de la gaze duration (panel A) et de la durée totale de fixation (panel B) chez les lecteurs sémantiques (gris foncé) et phonologiques (vert). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

Gaze duration

Les valeurs de *gaze duration* moyennes pour chaque sous-groupe et chaque type de contexte sont disponibles dans la Figure 8.8 (panel A). L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,2716) = 17.6, p < .001$] et aucun effet principal de sous-groupe [$F(1,26) = 0.3, p = .59$]. L'absence d'interaction entre sous-groupe et contexte [$F(2,2713) = 0.1, p = .89$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux sous-groupes. Les comparaisons post-hoc indiquent que les participants faisaient des fixations plus courtes sur le mot-cible en contexte prédictif qu'en contexte neutre (estimation = 17.20, écart-type = 5.24, ratio $t = 3.285, p < .003$) et plus longues en contexte neutre qu'en contexte incohérent (estimation = -14.05, écart-type = 5.19, ratio $t = -2.708, p < .02$).

Probabilité de refixation

Les valeurs moyennes de probabilité de refixation pour chaque sous-groupe et chaque type de contexte sont rapportées dans la Figure 8.9 (panel A). L'analyse de cette mesure révèle également un effet principal de contexte [$F(2,inf) = 4.5, p = .01$] et aucun effet principal de sous-groupe [$F(1,inf) = 0, p = .98$]. Encore une fois, l'absence d'interaction entre sous-groupe et contexte [$F(2,inf) = 0.6, p = .53$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux sous-groupes. Les comparaisons post-hoc révèlent que les participants refixaient davantage le mot-cible en contexte incohérent qu'en contexte neutre (estimation = -0.37, écart-type = 0.14, ratio $z = -2.681, p = .02$) et que la probabilité de refixation n'était pas différente entre contexte neutre et prédictif (estimation = -0.03, écart-type = 0.15, ratio $z = -0.211, p = .98$).

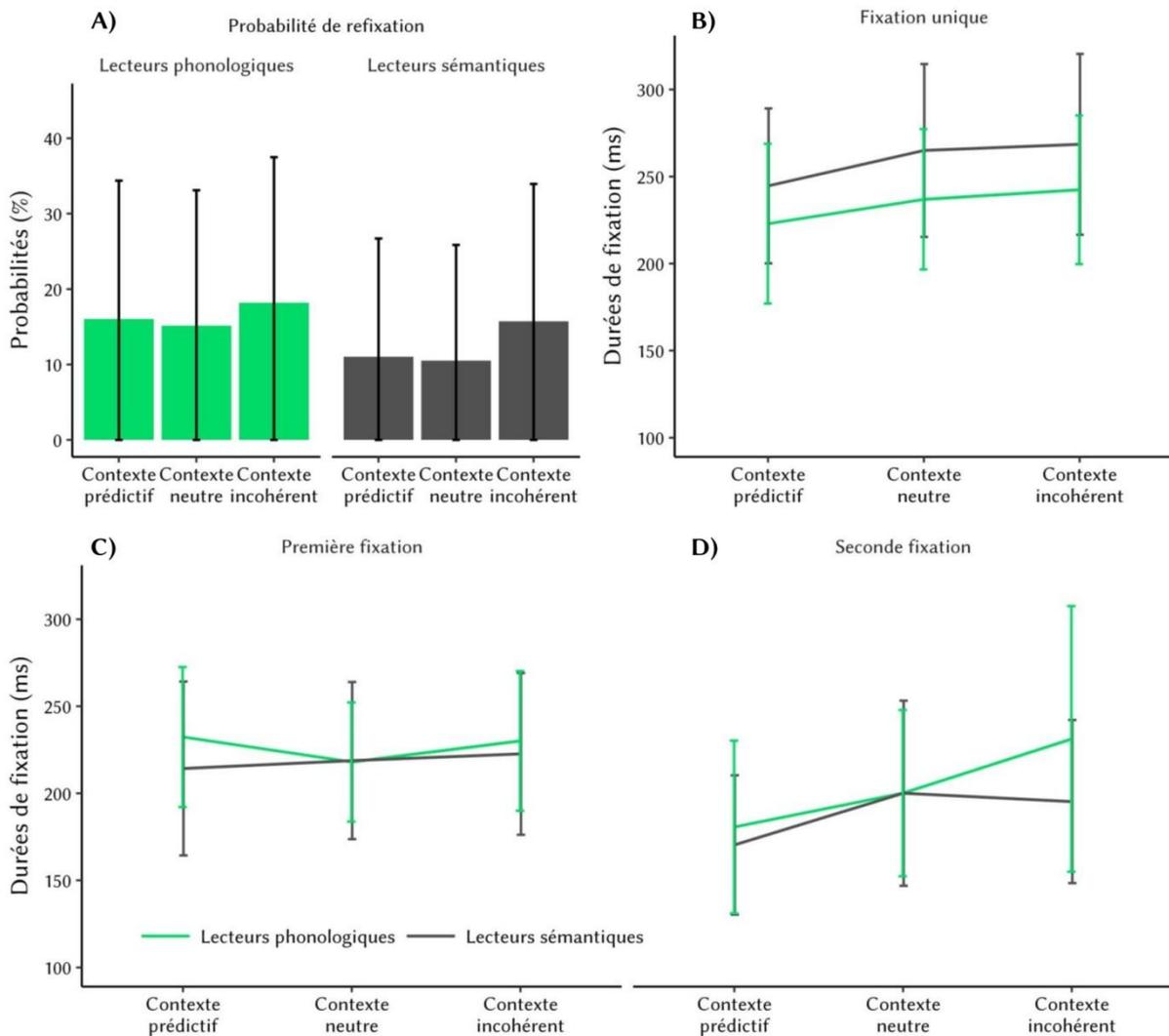


Figure 8.9 : Probabilités moyennes de refixation du mot-cible pendant le premier passage de lecture (panel A) et durées moyennes des fixation unique (panel B), première fixation (panel C), et seconde fixation (panel D) pour chaque type de contexte chez les lecteurs sémantiques (gris foncé) et phonologiques (vert). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

Durée de la fixation unique

Les durées moyennes de la fixation unique pour chaque sous-groupe et chaque type de contexte sont disponibles dans la Figure 8.9 (panel B). Cette fois encore l'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,2313) = 12.7, p < .001$] et effet principal de sous-groupe non significatif [$F(1,26) = 3.8, p = .06$]. L'absence d'interaction entre sous-groupe et contexte [$F(2,2313) = 0.2, p = .80$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux sous-groupes. Les comparaisons post-hoc indiquent que les participants faisaient des fixations plus courtes sur le mot-cible en contexte prédictif qu'en contexte neutre (estimation = 16.34, écart-type = 4.36, ratio $t = 3.746, p < .001$) et que les durées de fixation unique entre contexte neutre et incohérent n'étaient pas différentes (estimation = -5.07, écart-type = 4.36, ratio $t = -1.162, p = .48$).

Durée de la première fixation

Les durées moyennes de la première fixation pour chaque sous-groupe et chaque type de contexte sont disponibles dans la Figure 8.9 (panel C). L'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de contexte [$F(2,378) = 0.3, p = .72$], aucun effet principal de sous-groupe [$F(1,24) = 0, p = .91$], ni aucune interaction entre sous-groupe et contexte [$F(2,376) = 0.68, p = .51$].

Durée de la seconde fixation

Les durées moyennes de la seconde fixation pour chaque sous-groupe et chaque type de contexte sont disponibles dans la Figure 8.9 (panel D). L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,358) = 5.5, p < .004$] et aucun effet principal de sous-groupe [$F(1,21) = 0.1, p = .72$]. L'absence d'interaction entre sous-groupe et contexte [$F(2,352) = 1.4, p = .26$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux sous-groupes. Les comparaisons post-hoc indiquent que les participants faisaient des fixations plus courtes sur le mot-cible en contexte prédictif qu'en contexte neutre (estimation = 33.20, écart-type = 14.07, ratio $t = 2.360, p < .05$) et que les durées de seconde fixation entre contexte neutre et contexte incohérent n'étaient pas différentes (estimation = -10.39, écart-type = 13.31, ratio $t = -0.781, p = .71$).

Probabilité de sauter le mot-cible

Les valeurs moyennes de probabilité de sauter le mot-cible pour chaque sous-groupe et chaque condition sont rapportées dans la Figure 8.10. L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de contexte [$F(2,inf) = 12.4, p < .001$], et aucun effet principal de sous-groupe

[$F(1,inf) = 0, p = .97$]. L'absence d'interaction entre groupe et contexte [$F(2,inf) = 2.5, p = .08$] révèle que l'effet de contexte était similaire pour les deux sous-groupes. Les comparaisons post-hoc révèlent que les participants sautaient davantage le mot-cible en contexte prédictif qu'en contexte neutre (estimation = -0.61, écart-type = 0.16, ratio $z = -3.821, p < .001$) et que la probabilité de sauter le mot-cible n'était pas différente entre contexte neutre et incohérent (estimation = 0.12, écart-type = 0.18, ratio $z = 0.680, p = .77$).

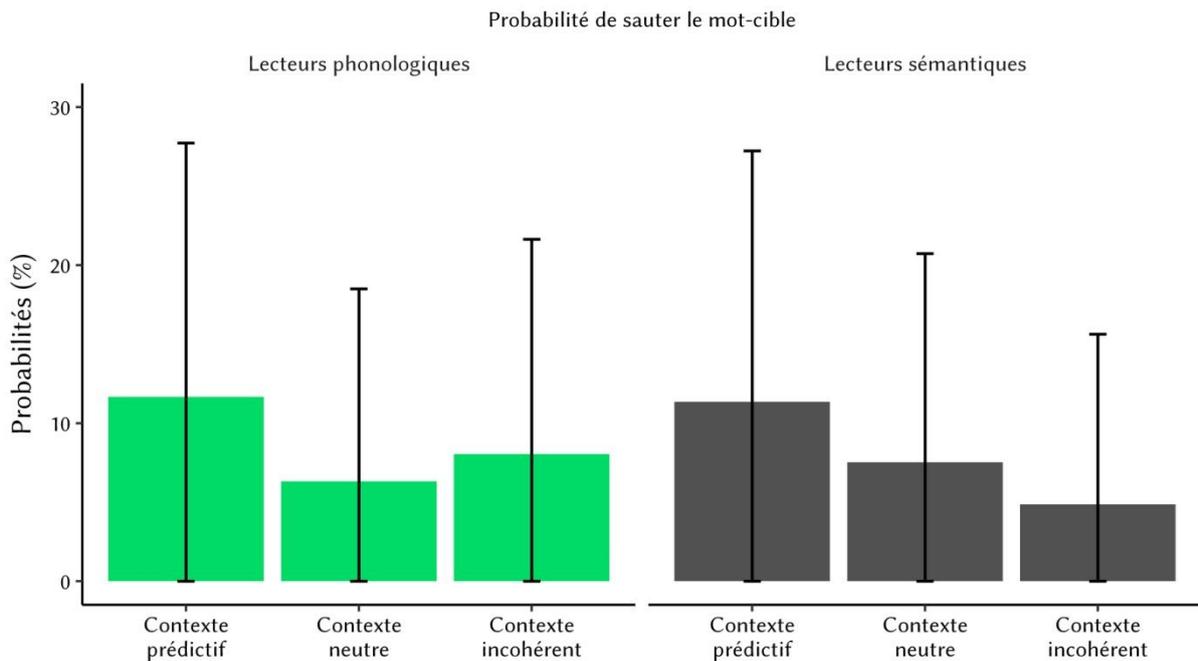


Figure 8.10 : Probabilités moyennes de sauter le mot-cible pour chaque type de contexte chez les lecteurs sémantiques (gris foncé) et phonologiques (vert). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

3.4. Exploration de l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques en fonction des différences interindividuelles des normo-lecteurs

De la même manière que lors des analyses présentées dans la section 3.2, les modèles LME et gLME créés contenaient 3 effets fixes (sous-groupe : lecteurs phonologiques vs. lecteurs sémantiques ; contexte : prédictif vs. non-prédictif vs. incohérent ; consistance : mots consistants vs. inconsistants), leurs interactions, ainsi que 2 effets aléatoires impliquant une pente aléatoire de l'effet de consistance pour chaque sujet et de l'effet de contexte pour chaque item. Nous avons ajouté le facteur « nombre de lettres » en tant que covariable car il permettait d'améliorer l'ajustement du modèle aux données pour la majorité des variables (i.e., probabilité de sauter le mot, probabilité de refixation, durée de la fixation unique, *gaze duration*, et durée totale de fixation). Encore une fois, nous avons pris soin de vérifier que

l'ajout de cette covariable aux modèles dont elle n'améliorait pas l'ajustement ne modifiait pas le pattern des résultats obtenus. Étant donné que les questions de l'influence du contexte sémantique sur le traitement du mot-cible pour chaque groupe de lecteurs (lecteurs phonologiques et sémantiques) ainsi que l'effet de sous-groupe dans chaque type de contexte et leurs interactions ont déjà été examinées dans la section 3.3 de ce chapitre, nous ne rapportons dans cette section que l'effet principal de consistance et les interactions suivantes : groupe *contexte* consistance, groupe* consistance, et contexte *consistance. Le nombre d'observations disponibles pour les différentes mesures de durées de fixation, chaque sous-groupe, chaque contexte, et chaque type de mot est rapporté ci-dessous dans le Tableau 8.8.

Tableau 8.8 : Nombre d'observations pour les variables dépendantes durée de la fixation unique, durée de la première fixation, durée de la seconde fixation, gaze duration, et durée totale de fixation en fonction du sous-groupe, du contexte, et du type de mot.

Sous-groupe	Contexte	Consistance	Fixation unique	Première fixation	Seconde fixation	Gaze duration	Durée totale de fixation
Lecteurs phonologiques	Prédicatif	Consistant	194	50	48	244	248
		Inconsistant	194	24	24	218	229
	Neutre	Consistant	202	45	43	247	254
		Inconsistant	212	29	29	241	250
	Incohérent	Consistant	181	60	58	242	252
		Inconsistant	196	24	21	220	240
Lecteurs sémantiques	Prédicatif	Consistant	207	28	27	235	238
		Inconsistant	179	20	20	200	215
	Neutre	Consistant	219	30	26	249	253
		Inconsistant	198	19	18	217	226
	Incohérent	Consistant	197	47	40	244	253
		Inconsistant	194	26	19	220	236

Durée totale de fixation

Les durées moyennes de première fixation pour chaque sous-groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.11 (panel B). L'analyse de cette mesure ne révèle pas d'effet principal de consistance significatif [$F(1,34) = 3.3, p = .08$], ni aucune interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,26) = 1.9, p = .18$]. En revanche, l'analyse révèle la présence d'interactions entre contexte et consistance [$F(2,37) = 3.7, p < .04$], et entre groupe, contexte, et consistance [$F(2,2742) = 4.4, p = .01$]. Les comparaisons post-hoc indiquent que les lecteurs phonologiques n'étaient pas influencés par la consistance phonologique des mots, quel que soit le contexte sémantique (contexte prédictif : estimation = 13.27, écart-type = 17.16, ratio $t = 0.773, p = .44$; contexte neutre :

estimation = -13.48, écart-type = 22.17, ratio $t = -0.608$, $p = .55$; contexte incohérent : estimation = 34.59, écart-type = 22.44, ratio $t = 1.541$, $p = .13$). En revanche, les lecteurs sémantiques fixaient les mots phonologiquement consistants plus longtemps que les mots phonologiquement inconsistants en contexte incohérent (estimation = 71.10, écart-type = 22.47, ratio $t = 3.164$, $p = .002$), ce qui n'était pas le cas en contexte neutre ni prédictif (contexte neutre : estimation = 36.78, écart-type = 22.41, ratio $t = 1.641$, $p = .11$; contexte prédictif : estimation = -20.65, écart-type = 17.64, ratio $t = -1.171$, $p = .25$).

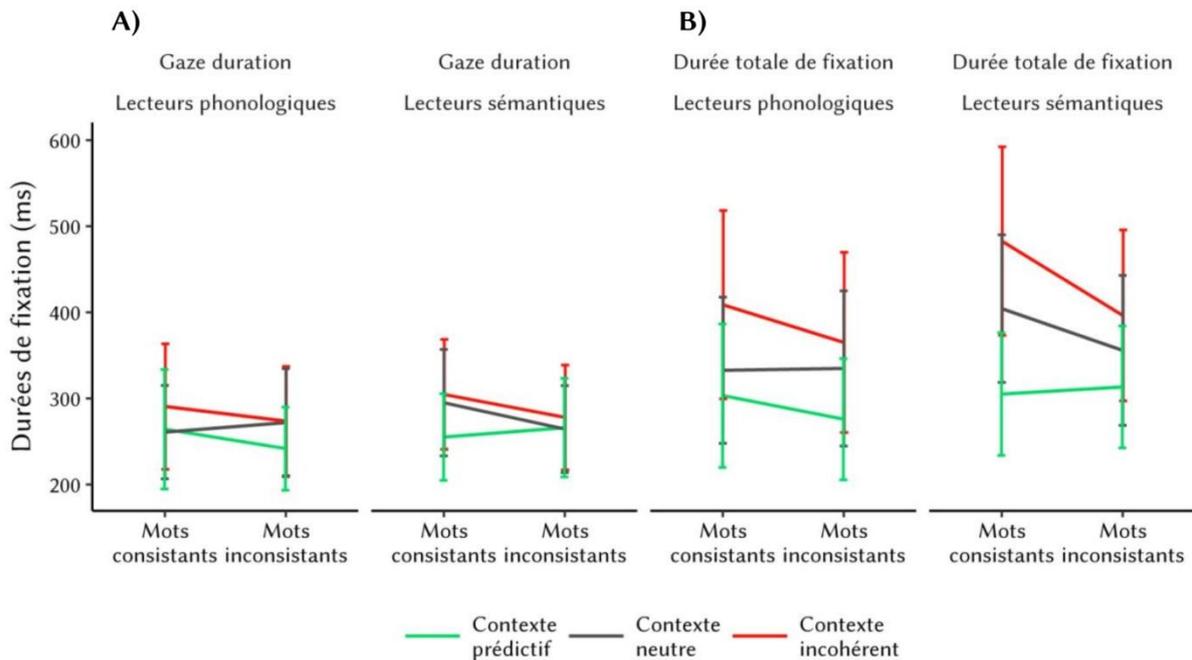


Figure 8.11 : Durées moyennes de fixation sur le mot-cible pour chaque sous-groupe et chaque type de mot, pour les mesures de la gaze duration (panel A) et de la durée totale de fixation (panel B) en contexte prédictif (vert), neutre (gris foncé), et incohérent (rouge). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

Gaze duration

Les durées moyennes de première fixation pour chaque sous-groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.11 (panel A). L'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,34) = 2.1$, $p = .15$], ni aucune interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,26) = 0.3$, $p = .57$], et entre contexte et consistance [$F(2,37) = 0.6$, $p = .64$]. En revanche, l'interaction entre sous-groupe, contexte, et consistance était significative [$F(2,2629) = 6.1$, $p = .002$]. Les comparaisons post-hoc indiquent qu'encore une fois, les lecteurs phonologiques n'étaient pas influencés par la consistance phonologique des mots, quel que soit le contexte sémantique (contexte prédictif : estimation = 19.16, écart-type = 13.30, ratio $t = 1.441$, $p = .15$; contexte neutre : estimation = -11.60, écart-type = 13.31, ratio $t = -0.871$, $p = .39$; contexte incohérent :

estimation =16.08, écart-type =13.38, ratio $t=1.202$, $p =.23$). En revanche, les lecteurs sémantiques fixaient les mots phonologiquement consistants plus longtemps que les mots phonologiquement inconsistants en contexte neutre (estimation =29.90, écart-type =13.48, ratio $t=2.219$, $p <.03$), mais pas en contexte prédictif ni incohérent (contexte prédictif : estimation =-11.67, écart-type =13.63, ratio $t=0.394$, $p =.39$; contexte incohérent : estimation =22.34, écart-type =13.36, ratio $t=1.673$, $p =.10$).

Probabilité de refixation

Les valeurs moyennes de probabilité de refixation sont rapportées dans la Figure 8.12 (panel A). L'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,inf) =1$, $p =.32$], ni aucune interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,inf) =1.9$, $p =.16$], entre contexte et consistance [$F(2,inf) =1.4$, $p =.25$], et entre sous-groupe, contexte, et consistance [$F(2,inf) =0.4$, $p =.68$].

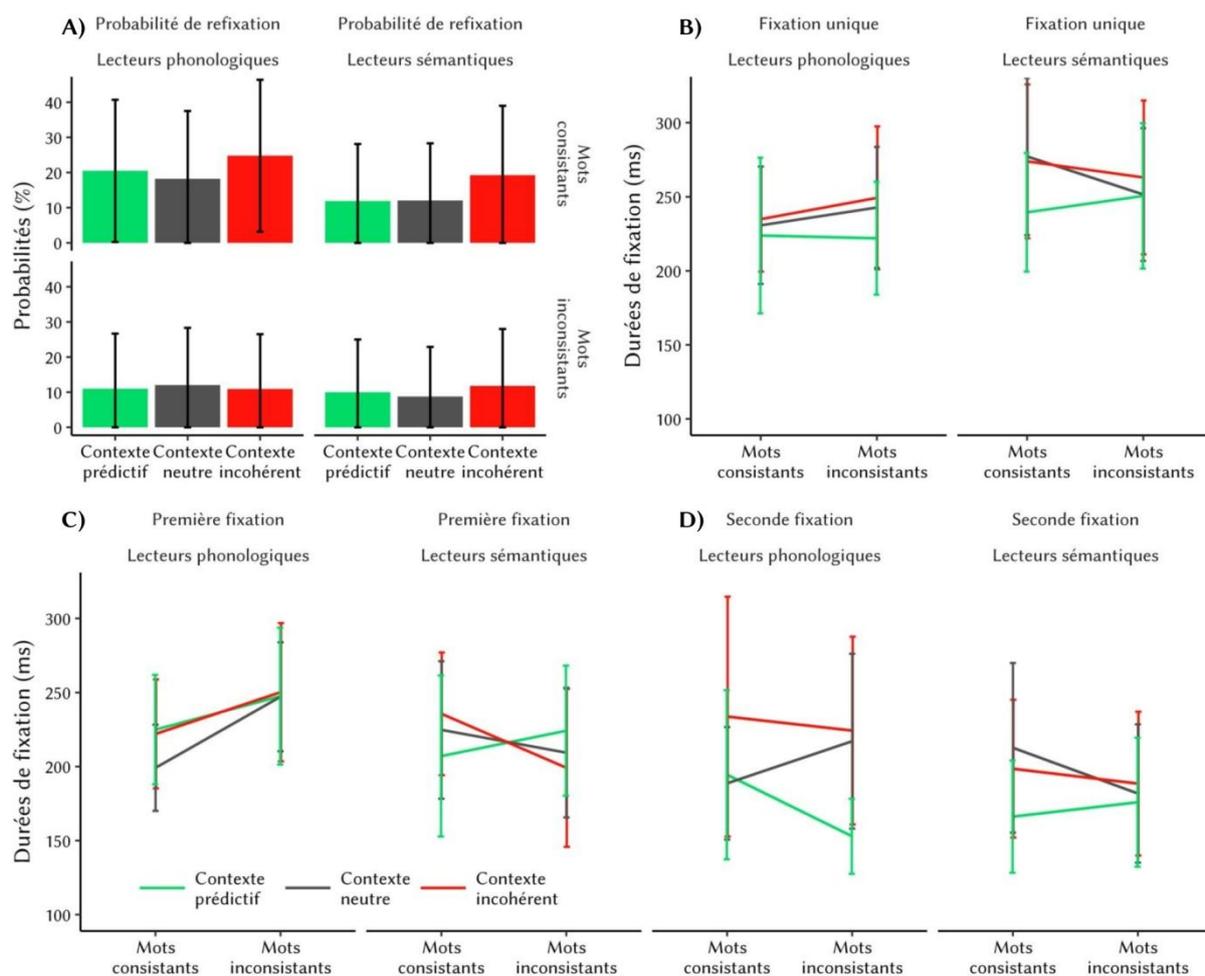


Figure 8.12 : Probabilités moyennes de refixation du mot-cible pendant le premier passage de lecture (panel A) et durées moyennes des fixation unique (panel B), première fixation (panel C), et seconde fixation (panel D) pour chaque sous-groupe et chaque type de mots (phonologiquement consistants et inconsistants) en

contexte prédictif (vert), neutre (gris foncé), et incohérent (rouge). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

Durée de la fixation unique

Les durées moyennes de fixation unique pour chaque groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.12 (panel B). L'analyse de cette mesure ne révèle aucune effet principal de consistance [$F(1,32) = 0.8$, $p = .40$], ni aucune interaction entre contexte et consistance [$F(2,37) = 0.4$, $p = .64$]. Cependant, l'analyse révèle la présence d'une interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,25) = 4.9$, $p < .04$] et entre sous-groupe, contexte, et consistance [$F(2,2239) = 4.2$, $p < .02$]. Les comparaisons post-hoc indiquent que les lecteurs phonologiques n'étaient pas influencés par la consistance phonologique des mots, quel que soit le contexte sémantique (contexte prédictif : estimation = 7.32, écart-type = 11.13, ratio $t = 0.658$, $p = .51$; contexte neutre : estimation = -7.83, écart-type = 10.71, ratio $t = -0.731$, $p = .47$; contexte incohérent : estimation = -7.29, écart-type = 11.83, ratio $t = -0.616$, $p = .54$). En revanche, les lecteurs sémantiques fixaient les mots phonologiquement consistants plus longtemps que les mots phonologiquement inconsistants en contexte neutre (estimation = 30.88, écart-type = 10.69, ratio $t = 2.889$, $p = .005$), mais pas en contexte prédictif ni incohérent (contexte prédictif : estimation = -3.52, écart-type = 11.22, ratio $t = -0.314$, $p = .76$; contexte incohérent : estimation = 12.90, écart-type = 11.68, ratio $t = 1.104$, $p = .27$).

Durée de la première fixation

Les durées moyennes de première fixation pour chaque sous-groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.12 (panel C). L'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,18) = 2.6$, $p = .12$], ni aucune interaction entre contexte et consistance [$F(2,38) = 0.5$, $p = .61$], et entre sous-groupe, contexte, et consistance [$F(2,333) = 0.8$, $p = .43$]. L'interaction entre sous-groupe et consistance était marginalement significative [$F(1,14) = 3.8$, $p = .07$]. Bien qu'elle ne soit que marginalement significative, nous avons effectué une comparaison post-hoc afin de vérifier la significativité de l'effet de consistance dans chacun des deux sous-groupes. Les comparaisons post-hoc indiquent que les lecteurs phonologiques exhibaient des fixations plus longues sur les mots inconsistants que sur les mots consistants (estimation = -33.28, écart-type = 11.79, ratio $t = -2.822$, $p = .01$), tandis que les lecteurs sémantiques ne montrent aucun effet de consistance (estimation = -0.27, écart-type = 13.06, ratio $t = -0.020$, $p = .98$).

Durée de la seconde fixation

Les durées moyennes de première fixation pour chaque sous-groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont disponibles dans la Figure 8.12 (panel D). L'analyse de cette mesure ne révèle aucun effet principal de consistance [$F(1,22) = 0.4, p = .56$], ni aucune interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,14) = 0.003, p = .96$], entre contexte et consistance [$F(2,38) = 0.5, p = .61$], et entre sous-groupe, contexte, et consistance [$F(2,296) = 0.9, p = .39$].

Probabilité de sauter le mot-cible

Les valeurs moyennes de probabilité de sauter le mot-cible pour chaque sous-groupe, chaque type de mot, et chaque contexte sont rapportées dans la Figure 8.13. L'analyse de cette mesure révèle un effet principal de consistance [$F(1,inf) = 4.7, p < .03$], les participants sautaient davantage les mots-cibles phonologiquement inconsistants que les mots-cibles phonologiquement consistants. L'absence d'interaction entre sous-groupe et consistance [$F(1,inf) = 0.4, p = .53$], entre contexte et consistance [$F(2,inf) = 0.1, p = .95$], et entre sous-groupe, contexte, et consistance [$F(2,inf) = 0.3, p = .71$] indique que l'effet de consistance était similaire dans chaque type de contexte pour les deux groupes.

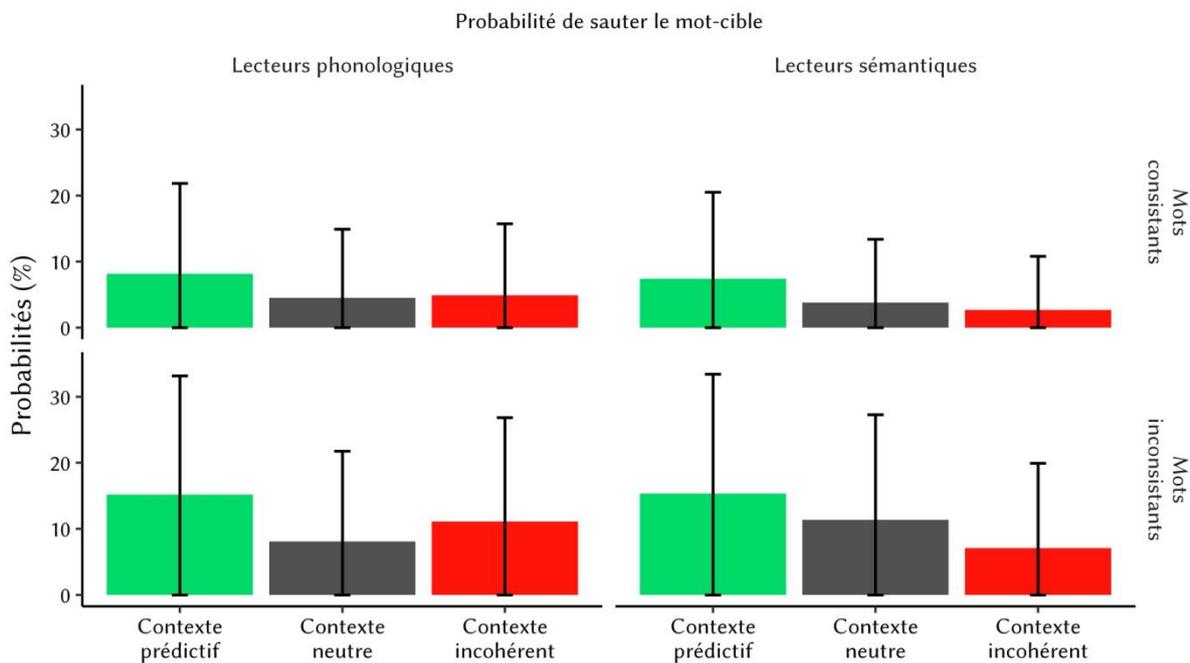


Figure 8.13 : Probabilités moyennes de sauter le mot-cible pour chaque sous-groupe et chaque type de mots (phonologiquement consistants et inconsistants) en contexte prédictif (vert), neutre (gris foncé), et incohérent (rouge). Les barres d'erreurs représentent les écart-types.

4. Discussion

Dans ce chapitre, nous avons examiné trois questions de recherches : 1) Comment la prédictibilité du contexte phrastique influence-t-elle les différents stades de traitement du mot-cible ? 2) Chez les normo-lecteurs, comment la prédictibilité du contexte module-t-elle le décours temporel de l'activation des représentations phonologiques ? Et 3) Chez les individus dyslexiques manifestant un déficit de l'automatisme des liens entre orthographe et phonologie ainsi qu'une plus forte influence du contexte sémantique que les normo-lecteurs, la prédictibilité du contexte module-t-elle l'influence des représentations phonologiques de la même manière que chez les normo-lecteurs ? Nous avons étudié ces questions à l'aide de l'enregistrement des mouvements oculaires via une tâche de lecture de phrases dans lesquelles nous avons manipulé le contexte précédant le mot-cible. Le contexte phrastique rendait les mots-cibles prédictibles, neutres (i.e., non-prédictibles mais cohérents), ou incohérents. De plus, afin d'examiner l'activation des représentations phonologiques dans ces différents types de contexte, nous avons également manipulé la consistance phonologique des mots-cibles.

Lors des analyses, nous nous sommes concentrées sur les mesures recueillies sur le mot-cible. Sept variables dépendantes ont été considérées : la probabilité de sauter le mot-cible, la probabilité de refixation durant le premier passage de lecture, la durée de la fixation unique, des première et seconde fixations, la *gaze duration*, et la durée totale de fixation. La probabilité de sauter le mot-cible est la mesure la plus précoce des mouvements oculaires et nous renseigne sur l'efficacité du traitement du mot-cible en vision parafovéale. La durée de la première fixation nous renseigne sur les traitements visuo-orthographiques de bas niveau et les processus de traitement précoces. La durée de la seconde fixation nous informe en revanche des processus de traitement plus tardifs et est davantage susceptible de refléter la difficulté d'accès au lexique que la durée de la première fixation. La durée de la fixation unique et la *gaze duration* représentent la somme de différents types de traitement et nous renseignent sur le stade de l'accès lexical. La probabilité de refixation pendant le premier passage de lecture est un indice de la proportion de mots lus via l'application de la procédure de décodage. Enfin, la durée totale de fixation nous renseigne sur les stades de traitement post-lexicaux et la difficulté d'intégration du mot dans la phrase.

De plus dans un second temps, de la même manière que lors de la tâche de décision lexicale visuelle présentée dans le Chapitre 7, nous avons exploré l'influence de la

prédictibilité du contexte sur le traitement d'un mot-cible et sur l'activation des représentations phonologiques en fonction des différences interindividuelles des normo-lecteurs. Lors de ces analyses exploratoires, nous avons examiné les mêmes variables dépendantes que lors de la comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs.

4.1. L'influence de la prédictibilité du contexte phrastique chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs

L'influence de la prédictibilité du contexte sur le traitement d'un mot-cible

Chez les normo-lecteurs, de nombreuses études montrent qu'un contexte phrastique prédictif facilite la reconnaissance du mot-cible dès les premiers stades de traitement (Parker et al., 2017; Rayner et al., 2011; Staub, 2011, 2015). En revanche, l'incohérence d'un mot-cible ne semble influencer son traitement qu'après l'accès au lexique (Ferguson & Sanford, 2008; Veldre & Andrews, 2018; Warren et al., 2008). Nous nous attendions donc à ce qu'un effet de facilitation soit observé en contexte prédictif dès les mesures reflétant les stades de traitement les plus précoces (i.e., probabilité de sauter le mot-cible et durée de la première fixation). En contexte incohérent, nous nous attendions à ce que le traitement du mot-cible soit ralenti à partir de mesures reflétant des stades de traitement plus tardif (i.e., *gaze duration* et durée totale de fixation).

Chez les individus dyslexiques, peu d'études ont examiné l'impact de la prédictibilité du contexte sémantique sur le traitement d'un mot-cible, et à notre connaissance, aucune ne renseigne sur le décours temporel de cette influence. Cependant, certaines études suggèrent que cette population serait davantage influencée par le contexte que les normo-lecteurs (Corkett & Parrila, 2008) et utiliserait le contexte sémantique de manière stratégique afin de pallier à leurs déficits en lecture (Ben-Dror et al., 1991; Bruck, 1990; Gallagher et al., 1996). En nous basant sur ces études, il est possible d'envisager que l'effet de facilitation induit par le contexte prédictif soit plus important chez les individus dyslexiques que chez les normo-lecteurs. L'effet d'inhibition induit par le contexte incohérent pourrait également être plus important et/ou plus précoce.

Une synthèse des résultats obtenus est disponible dans le Tableau 8.9. Les résultats montrent qu'en contexte prédictif, le traitement du mot-cible était facilité dès la mesure reflétant le stade le plus précoce de traitement (i.e., probabilité de sauter le mot-cible) et jusqu'aux mesures reflétant les stades de traitement les plus tardifs (i.e., durée totale de fixation). Les participants des deux groupes sautaient davantage les mots-cibles et faisaient

des fixations plus courtes en contexte prédictif qu'en contexte neutre. Les deux seules mesures sur lesquelles aucun effet de facilitation n'a été observé sont la durée de la première fixation et la probabilité de refixation. En contexte incohérent, le traitement du mot-cible était ralenti à partir des mesures reflétant des stades de traitement tardifs et/ou globaux (i.e., probabilité de refixation, *gaze duration*, et durée totale de fixation). Les participants des deux groupes refixaient davantage les mots-cibles pendant le premier passage de lecture et faisaient des fixations plus longues en contexte incohérent qu'en contexte neutre. Par ailleurs aucune différence de groupe n'a été observée avant la mesure reflétant le stade de traitement le plus tardif : les participants dyslexiques exhibaient des durées totales de fixation plus longues que les normo-lecteurs en contexte neutre et incohérent.

Tableau 8.9: Synthèse des résultats obtenus concernant l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible pour la comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs. Les effets allant dans le sens inverse de ce qui était attendu sont indiqués en bleu.

	Effet de contexte	Effet de groupe	Groupe * Contexte
Durée totale de fixation	Prédictif < Neutre < Incohérent	Normo-lecteurs < Dyslexiques	Différence de groupe en contexte incohérent et neutre
Gaze duration	Prédictif < Neutre < Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Probabilité de refixation	Prédictif = Neutre < Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la fixation unique	Prédictif < Neutre = Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la première fixation	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la seconde fixation	Prédictif < Neutre = Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Probabilité de sauter le mot-cible	Incohérent = Neutre < Prédictif	<i>ns</i>	<i>ns</i>

Le fait qu'en contexte prédictif un effet de facilitation soit observé dès le stade de traitement le plus précoce jusqu'au stade le plus tardif confirme les prédictions faites par le modèle du lecteur E-Z (Reichle, 2011; Reichle et al., 2003, 2009; Sheridan & Reichle, 2016) et est en accord avec les résultats rapportés dans la littérature. Le fait de pouvoir prédire le mot-cible permet la pré-activation des représentations lexicales associées à ce mot et en facilite ainsi le traitement dès les stades les plus précoces (Parker et al., 2017; Rayner et al., 2011; Staub, 2011, 2015). Cependant contrairement à ce que nous avons prédit, la durée de la première fixation ne semblait pas influencée par la prédictibilité du contexte. L'absence d'un effet de facilitation sur cette mesure est surprenante et peut éventuellement s'expliquer par le fait qu'en contexte prédictif la plupart des mots (88%) n'ont reçu qu'une seule

fixation. Toutefois, l'effet de facilitation du contexte prédictif à également été observé sur la durée de la seconde fixation, ce qui semble contredire cette interprétation. Il semble difficile d'interpréter de manière claire et affirmative la divergence entre les résultats observés sur les durées de première et seconde fixation. Toutefois, il semblerait que les stades de traitements visuo-orthographiques et pré-lexicaux des mots-cibles ayant nécessités une fixation aient été moins facilités par la prédictibilité du contexte que les stades de traitements lexicaux.

Les résultats obtenus en contexte incohérent sont également en accord avec les prédictions faites par le modèle du lecteur E-Z et les résultats rapportés dans la littérature. Le fait que ce type de contexte n'ait ralenti le traitement du mot-cible que sur les mesures de *gaze duration* et de durée totale de fixation suggère qu'il n'influçait le traitement de ce mot qu'après le stade d'accès lexical (Ferguson & Sanford, 2008; Veldre & Andrews, 2018; Warren et al., 2008). Par ailleurs dans ce contexte, l'information extraite de manière parafovéale ne correspond pas aux prédictions faites par le lecteur, ce qui pourrait expliquer le fait que pendant le premier passage de lecture, les participants refixaient davantage le mot-cible en contexte incohérent qu'en contexte neutre. L'information perçue de manière *bottom-up* ne correspondant pas aux attentes générées de manière *top-down*, les participants ont pu faire davantage de fixations sur le mot afin de vérifier l'information perçue. Dans ce contexte, la mesure de la probabilité de refixation pourrait donc indexer l'engagement de processus de revérification plutôt que le recours à la procédure de décodage.

Par ailleurs sur le traitement du mot-cible, aucune différence de groupe n'est observée avant la durée totale de fixation, ce qui suggère les difficultés de lecture des adultes dyslexiques n'affectent que les stades de traitement les plus tardifs de la reconnaissance du mot. De plus sur cette mesure, les individus dyslexiques montraient des durées de fixation plus longues que les normo-lecteurs en contextes neutre et incohérent mais pas en contexte prédictif. L'absence de différence de groupe en contexte prédictif suggère que les individus dyslexiques ont pu bénéficier du contexte sémantique afin de pallier à leurs déficits en lecture. Cette interprétation semble cohérent avec plusieurs études postulant qu'en tâche de lecture, ces individus utiliseraient le contexte sémantique de manière stratégique (Ben-Dror et al., 1991; Bruck, 1990; Gallagher et al., 1996). En revanche, le fait que seule la durée totale de fixation différencie les deux groupes de lecteurs suggère qu'en lecture de phrases, les individus dyslexiques ne présentent pas de déficit d'accès au lexique. Ce résultat semble en désaccord avec l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (Perfetti &

Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014). Selon cette hypothèse, les lecteurs ayant des représentations lexicales de moins bonne qualité (défini par une plus grande instabilité des connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique) exhiberaient des difficultés en lecture spécifiquement liées au traitement et à la reconnaissance des mots. De nombreuses études montrent qu'en traitement de mots isolés les individus dyslexiques manifestent des déficits des traitements orthographiques et phonologiques (Cavalli, Casalis, et al., 2016; Ramus et al., 2003; Ramus & Szenkovits, 2008). De plus dans l'étude présentée dans le Chapitre 7, les individus dyslexiques exhibaient des temps de fixation plus longs que les normo-lecteurs sur toutes les mesures analysées. Selon l'Hypothèse de la Qualité Lexicale, de telles difficultés devraient se traduire par un accès au lexique plus lent en lecture de phrases également, ce qui ne semble pas être le cas dans cette étude. Cependant, les individus dyslexiques recrutés dans notre étude étaient tous engagés dans un cursus universitaire et pourraient avoir développé des mécanismes de compensation comme l'utilisation stratégique du contexte sémantique leur permettant de réguler leur vitesse de lecture.

L'influence de la prédictibilité du contexte sur la contribution des représentations phonologiques

Certaines études suggèrent qu'en lecture de phrases, les normo-lecteurs activent les représentations phonologiques de manière précoce (Chace et al., 2005; Inhoff & Topolski, 1994; Mielliet & Sparrow, 2004; Newman & Connolly, 2004; Niznikiewicz & Squires, 1996b; Rayner, 1998, 2009; Rayner et al., 1998). En contexte neutre, nous nous attendions donc à observer des durées de fixation plus courtes sur les mots consistants que sur les mots inconsistants dès les mesures précoces de traitement. De plus, de nombreuses études suggèrent qu'un contexte phrastique prédictif permet la pré-activation des diverses représentations associées au mot-cible (Kretzschmar et al., 2015; Parker et al., 2017; Sereno et al., 2018). Dans ce cas, si les représentations phonologiques du mot ont pu être pré-activées grâce au contexte, nous nous attendions à ce que l'influence de ces représentations soit plus importante et/ou observée sur des stades de traitement plus précoces qu'en contexte neutre. Par ailleurs, si les représentations phonologiques n'influencent le traitement d'un mot-cible que lorsqu'elles ont pu être pré-activées grâce au contexte, en contexte incohérent l'activation de ces représentations devrait être rendue plus difficile et influencer le traitement du mot-cible de manière plus tardive qu'en contexte neutre. Si à l'inverse l'activation des représentations phonologiques en lecture de phrases n'intervient

que de manière post-lexicale, l'influence de ces représentations sur le traitement du mot-cible devrait être moins importante en contexte prédictif et plus importante en contexte incohérent par rapport au contexte neutre.

L'automatisme des liens entre orthographe et phonologie étant déficitaire chez les individus dyslexiques (Araújo et al., 2015, 2016, Blau et al., 2010, 2009; Cavalli, Colé, et al., 2017; Kunert & Scheepers, 2014), nous nous attendions à ce qu'en contexte neutre, l'activation des représentations phonologiques soit retardée par rapport aux normo-lecteurs. Toutefois, étant donné que ces individus semblent s'appuyer davantage sur le contexte sémantique et en être plus dépendants que les normo-lecteurs, nous nous attendions à ce que l'influence des représentations phonologiques sur le traitement du mot-cible soit davantage modulée par le contexte chez cette population que chez les normo-lecteurs. En contexte prédictif, cette influence pourrait être plus précoce et/ou plus importante que chez les normo-lecteurs. En contexte incohérent, l'activation des représentations phonologiques pourrait être beaucoup plus tardive et/ou plus importante que chez les normo-lecteurs.

Une synthèse des résultats obtenus est disponible dans le Tableau 8.10. Les résultats de notre étude montrent une influence marginale de la consistance phonologique sur la durée de la première fixation. Cette influence n'était modulée ni par la prédictibilité du contexte phrastique, ni par le diagnostic de dyslexie. Les participants des deux groupes avaient tendance à effectuer des fixations plus courtes sur les mots consistants que sur les mots inconsistants. De plus, un effet de consistance inverse a été observé sur la probabilité de sauter le mot-cible. Cette fois encore, l'effet de consistance n'était pas modulé par la prédictibilité du contexte ni par le diagnostic de dyslexie. Les participants des deux groupes sautaient davantage les mots-cibles phonologiquement inconsistants que les mots-cibles phonologiquement consistants. Enfin, l'analyse de la durée totale de fixation a révélé une interaction entre contexte et consistance. En contexte incohérent, les participants exhibaient des temps de fixation plus longs sur les mots consistants que sur les mots inconsistants, ce qui correspond également à l'effet inverse de ce qui était attendu. En contexte neutre et prédictif, la durée totale de fixation n'était pas modulée par la consistance phonologique des mots.

Les mots-cibles utilisés dans cette étude étaient des mots monosyllabiques courts et fréquents, ce qui pourrait (au moins en partie) expliquer la faible influence de la consistance phonologique sur la durée de la première fixation, et l'absence d'influence sur les autres

mesures de traitement du mot. Toutefois, l'observation de premières fixations marginalement plus courtes sur les mots consistants que sur les mots inconsistants suggère que les participants avaient tendance à activer les représentations phonologiques de manière précoce, quel que soit le contexte.

Tableau 8.10 : Synthèse des résultats obtenus concernant l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques pour la comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs. Les effets allant dans le sens inverse de ce qui était attendu sont indiqués en bleu.

	Effet de consistance	Contexte * Consistance	Groupe * Consistance	Groupe * Contexte * Consistance
Durée totale de fixation	<i>ns</i>	Mots inconsistants < mots consistants en contexte incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Gaze duration	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Probabilité de refixation	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la fixation unique	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la première fixation	Mots consistants < mots inconsistants	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la seconde fixation	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Probabilité de sauter le mot-cible	Mots consistants < mots inconsistants	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

En revanche, l'observation d'un effet de consistance inverse sur la probabilité de sauter le mot-cible et sur la durée totale de fixation contredit nos hypothèses et semble difficilement interprétable. Dans notre étude, les mots consistants étaient en moyenne plus longs que les mots inconsistants. Bien que nous ayons ajouté le facteur nombre de lettres en tant que covariable aux modèles, ce type de contrôle à posteriori n'a peut-être pas été suffisant pour compenser complètement l'impact de la longueur des mots. En effet, plusieurs études montrent que le nombre de lettres influence fortement les mesures collectées à l'aide de l'enregistrement des mouvements oculaires (Cutter, Drieghe, & Liversedge, 2018; Joseph, Liversedge, Blythe, White, & Rayner, 2009; Kliegl, Grabner, Rolfs, & Engbert, 2004). Ce facteur confondu a donc pu masquer l'effet de consistance phonologique attendu. De plus, le fait que sur la mesure de la durée totale de fixation, cet effet inverse de consistance ne soit significatif qu'en contexte incohérent suggère que la difficulté d'intégration du mot dans son contexte a pu exacerber cette influence.

4.2. Exploration de l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique en fonction des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs

De récentes études suggèrent que les normo-lecteurs ne formeraient pas une population tout à fait homogène (Graves et al., 2014; Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016; Welcome & Alton, 2015; Welcome & Joanisse, 2012; Woollams et al., 2016). En lecture de mots isolés, certains normo-lecteurs s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie (i.e., lecteurs phonologiques) tandis que d'autres s'appuieraient davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique (i.e., lecteurs sémantiques).

L'influence de la prédictibilité du contexte sur le traitement d'un mot-cible

Sur la base de ces études, il semble possible d'envisager que les différents stades de traitement du mot-cible soient davantage influencés par la prédictibilité du contexte phrastique chez les lecteurs sémantiques que chez les lecteurs phonologiques. Nous nous attendions notamment à ce que cette éventuelle différence puisse se traduire par une influence plus tardive et/ou moins importante de la prédictibilité du contexte chez les lecteurs phonologiques que chez les lecteurs sémantiques. Toutefois, cette hypothèse ne semble pas confirmée par les résultats obtenus dans cette étude.

Une synthèse des résultats obtenus est disponible dans le Tableau 8.11. Tout comme lors de la comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs, les résultats montrent un effet de facilitation du contexte prédictif dès les premiers stades de traitement du mot. Les participants sautaient davantage le mot-cible et exhibaient des durées de fixation plus courtes en contexte prédictif qu'en contexte neutre. Cependant cette fois encore, aucun effet facilitateur du contexte n'a été observé sur la durée de la première fixation et la probabilité de refixation. En contexte incohérent, le traitement du mot-cible était ralenti à partir des mesures reflétant des stades de traitement tardifs et/ou globaux (i.e., probabilité de refixation, *gaze duration*, et durée totale de fixation). Les participants des deux sous-groupes refixaient davantage les mots-cibles pendant le premier passage de lecture et faisaient des fixations plus longues en contexte incohérent qu'en contexte neutre. Par ailleurs, aucune différence entre les deux sous-groupes de normo-lecteurs n'a été observée.

Ce pattern de résultats semble confirmer les prédictions faites par le modèle de lecteur E-Z et sont en accord avec les résultats rapportés dans la littérature. Toutefois comme lors de la comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs et contrairement

à ce que prédit le modèle du lecteur E-Z, en contexte prédictif les durées de premières fixations sur le mot-cible n'étaient pas plus courtes qu'en contexte neutre. Il semblerait donc que chez les deux sous-groupes de normo-lecteurs également, pour les mots-cibles ayant nécessités une fixation les stades de traitements visuo-orthographiques et pré-lexicaux étaient moins facilités par la présence d'un contexte prédictif que les stades de traitements lexicaux.

Tableau 8.11 : Synthèse des résultats obtenus concernant l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement d'un mot-cible pour l'exploration des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs. Les effets allant dans le sens inverse de ce qui était attendu sont indiqués en bleu.

	Effet de contexte	Effet de sous-groupe	Sous-groupe * Contexte
Durée totale de fixation	Prédictif < Neutre < Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Gaze duration	Prédictif < Neutre < Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Probabilité de refixation	Prédictif = Neutre < Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la fixation unique	Prédictif < Neutre = Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la première fixation	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la seconde fixation	Prédictif < Neutre = Incohérent	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Probabilité de sauter le mot-cible	Incohérent = Neutre < Prédictif	<i>ns</i>	<i>ns</i>

En contexte incohérent, les résultats sont également semblables à ceux ayant été obtenus lors de la comparaison des individus dyslexiques et normo-lecteurs. Le fait que, dans ce contexte, le traitement du mot-cible soit ralenti uniquement à partir des mesures de *gaze duration* et de durée totale de fixation suggère que l'incohérence du contexte n'influence le traitement du mot-cible qu'après le stade de l'accès au lexique. De plus, le fait que les participants refixaient davantage le mots-cible pendant le premier passage de lecture en contexte incohérent qu'en contexte neutre suggère, cette fois encore, l'engagement d'un processus de révérification de l'information perçue.

Enfin, aucune différence n'a été observée entre les deux sous-groupes de lecteurs. Ceci suggère que chez les normo-lecteurs, l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur le traitement du mot-cible n'est pas modulée par les compétences sémantiques et phonologiques des individus.

L'influence de la prédictibilité du contexte sur la contribution des représentations phonologiques

Concernant la contribution des représentations phonologiques, il est possible d'envisager que la prédictibilité du contexte phrastique module cette contribution de manière différente chez les lecteurs phonologiques et sémantiques. Si en lecture de phrases également les lecteurs phonologiques s'appuient davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie lors de la lecture tandis que les lecteurs sémantiques s'appuient davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique, il est possible que la prédictibilité du contexte sémantique module différemment l'activation des représentations phonologiques chez ces deux types de lecteurs. L'influence des représentations phonologiques pourrait être moins importante chez les lecteurs sémantiques que chez les lecteurs phonologiques.

Une synthèse des résultats obtenus est disponible dans le Tableau 8.12. Les résultats montrent une interaction marginale entre sous-groupe et consistance sur la durée de la première fixation. Les lecteurs phonologiques avaient tendance à effectuer des premières fixations plus courtes sur les mots phonologiquement consistants que sur les mots phonologiquement inconsistants, ce qui n'était pas le cas des lecteurs sémantiques. Des interactions entre sous-groupe et consistance et entre sous-groupe, contexte, et consistance ont également été observées sur la durée de la fixation unique. Cependant sur cette mesure, les lecteurs phonologiques ne montraient aucune influence de la consistance phonologique tandis que les lecteurs sémantiques exhibaient un effet de consistance inverse de ce qui était attendu. En contexte neutre, les lecteurs sémantiques exhibaient des durées de fixation unique plus longues sur les mots consistants que sur les mots inconsistants. Le même pattern de résultats a été observé sur la mesure de la *gaze duration*. L'analyse de la durée totale de fixation révèle également la présence de deux interactions : contexte * consistance, et sous-groupe * contexte * consistance. Les résultats indiquent que les lecteurs sémantiques exhibaient des durées totales de fixation plus longues sur les mots consistants que sur les mots inconsistants (i.e., effet de consistance inverse) en contexte incohérent uniquement, tandis que les lecteurs phonologiques ne montraient aucune influence de la consistance phonologique sur cette mesure tardive. Enfin, un effet de consistance inverse a également été observé sur la probabilité de sauter le mot-cible. Les participants des deux sous-groupes sautaient davantage les mots-cibles phonologiquement inconsistants que les mots-cibles phonologiquement consistants, quel que soit le contexte.

Tableau 8.10 : Synthèse des résultats obtenus concernant l'influence de la prédictibilité du contexte phrastique sur la contribution des représentations phonologiques pour l'exploration des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs. Les effets allant dans le sens inverse de ce qui était attendu sont indiqués en bleu.

	Effet de consistance	Contexte * Consistance	Sous-groupe * Consistance	Sous-groupe * Contexte * Consistance
Durée totale de fixation	<i>ns</i>	Mots inconsistants < mots consistants en contexte incohérent	<i>ns</i>	Mots inconsistants < mots consistants en contexte incohérent chez les lecteurs sémantiques
<i>Gaze duration</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	Mots inconsistants < mots consistants en contextes neutre et incohérent chez les lecteurs sémantiques
Probabilité de refixation	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Durée de la fixation unique	<i>ns</i>	<i>ns</i>	Mots inconsistants < mots consistants chez les lecteurs sémantiques	Mots inconsistants < mots consistants en contextes neutre chez les lecteurs sémantiques
Durée de la première fixation	<i>ns</i>	<i>ns</i>	Mots consistants < mots inconsistants chez les lecteurs phonologiques	<i>ns</i>
Durée de la seconde fixation	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Probabilité de sauter le mot-cible	Mots consistants < mots inconsistants	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

Le pattern de résultats obtenu sur la durée de la première fixation suggère qu'en lecture de phrases, les lecteurs phonologiques avaient tendance à être influencés par les représentations phonologiques de manière précoce. Cette observation concorde avec les résultats obtenus en tâche de décision lexicale visuelle (Chapitre 7) et est en accord avec les prédictions faites par l'Hypothèse de la Qualité Lexicale. Les lecteurs s'appuyant de manière précoce sur les connexions entre orthographe et phonologie en lecture de mots isolés ont également tendance à le faire en lecture de phrases. Le fait que l'interaction entre sous-groupe et consistance ne soit que marginalement significative peut être liée à différents facteurs dont la fréquence et la longueur des mots employés ainsi que la taille des échantillons de population. Comme déjà mentionné dans la section 4.1, les mots-cible utilisés dans notre étude étaient des mots courts et fréquents ce qui a pu amoindrir l'influence de la consistance phonologique. De plus, la division des normo-lecteurs en deux

sous-groupes a été réalisée de manière exploratoire et chaque sous-groupe contient donc relativement peu de participants (i.e., 14). Il serait intéressant d'examiner les différences interindividuelles quant à la contribution des représentations phonologiques en lecture silencieuse (de mots isolés et de phrases) en incluant un plus grand nombre de participants.

Chez les lecteurs sémantiques en revanche, les différentes mesures montrant une influence de la consistance phonologique exhibent le pattern de résultats inverse de celui attendu : des durées de fixation plus longues pour les mots consistants que pour les mots inconsistants. De plus, cet effet de consistance inverse était significatif en contexte neutre uniquement pour les mesures de *gaze duration* et durée de la fixation unique, et en contexte incohérent uniquement pour la durée totale de fixation. Encore une fois, la présence d'un effet de consistance inverse semble difficilement interprétable. Cependant, comme proposé dans la section 4.1, cet effet pourrait être dû au nombre de lettres des mots-cibles utilisés. Bien que nous aillions également ajouté le facteur nombre de lettres en tant que covariable aux modèles, ce type de contrôle à posteriori a pu ne pas être suffisant pour compenser complètement l'impact de la longueur des mots. Toutefois, quel que soit le facteur ayant induit cet effet, il semblerait que son influence soit plus précoce en contexte neutre (i.e., durée de la fixation unique et *gaze duration*) qu'en contexte incohérent (i.e., durée totale de fixation). L'incohérence du contexte phrastique par rapport au mot-cible a pu retarder son influence. En contexte prédictif en revanche, le fait que les différentes représentations liées au mot-cible aient pu être pré-activées grâce au contexte semble avoir inhibé l'influence de facteur.

Enfin, un effet inverse de consistance sur la probabilité de sauter le mot-cible a été observé chez les deux sous-groupes de normo-lecteurs. Cette fois encore, ce pattern de résultats a pu être induit par le nombre de lettres des mots-cibles utilisés. Certaines études montrent en effet que cette mesure est particulièrement sensible à la longueur des mots (Cutter et al., 2018). Ce facteur confondu a donc pu masquer l'effet de consistance phonologique attendu.

5. Conclusion

Pour conclure, les résultats obtenus dans cette étude suggèrent qu'en lecture de phrases, les difficultés de lecture des adultes dyslexiques n'affectent pas les stades de traitement précoces de la reconnaissance du mot et se manifestent sur les stades de

traitement post-lexicaux, lors de l'intégration du mot dans son contexte. Par ailleurs en contexte prédictif, aucune différence n'est observée entre les individus dyslexiques et normo-lecteurs sur aucune des mesures examinées. Ce pattern de résultats suggère que les adultes dyslexiques utilisent le contexte sémantique de manière stratégique afin de pallier à leurs déficits en lecture.

Concernant la contribution des représentations phonologiques, les résultats suggèrent que les deux populations sont influencées par les représentations phonologiques de manière précoce, indépendamment de la prédictibilité du contexte phrastique. Cette observation contraste avec les résultats obtenus en lecture de mots isolés. En effet, les résultats concernant le traitement de mots isolés présentés dans le Chapitre 7 suggèrent une influence tardive des représentations phonologiques chez les individus dyslexiques. Ce pattern de résultats suggère qu'en lecture de phrases, les individus dyslexiques utilisent le contexte sémantique afin de pallier à leurs déficits de traitement des mots écrits.

Toutefois, les individus dyslexiques examinés dans cette étude représentent une population relativement spécifique. En effet, nous avons examiné les processus cognitifs sous-jacents à la lecture de mots chez une population de dyslexiques adultes engagés au sein d'un cursus universitaire afin d'examiner les possibles mécanismes de compensation mis en place afin de pallier à leurs difficultés. La spécificité de la population étudiée peut notamment expliquer le peu de différences observées entre normo-lecteurs et dyslexiques en lecture de phrases.

Par ailleurs, l'exploration des différences interindividuelles chez les normo-lecteurs révèle que le traitement d'un mot-cible est modulé de la même manière par la prédictibilité du contexte phrastique chez les lecteurs phonologiques et sémantiques. Tandis qu'en contexte prédictif le traitement du mot-cible est facilité dès les stades précoces de traitement, en contexte incohérent son traitement n'est influencé qu'après le stade d'accès au lexique.

En revanche, les différences interindividuelles relatives aux compétences phonologiques et sémantiques semblent moduler la contribution des représentations phonologiques de la même manière que lors du traitement de mots isolés. Tandis que les normo-lecteurs se basant davantage sur les connexions entre orthographe et phonologie sont influencés par les représentations phonologiques de manière précoce, les normo-

lecteurs se basant davantage sur les connexions entre orthographe et sémantique ne semblent pas influencés par ces représentations.

PARTIE 3.

Discussion générale

Discussion & Perspectives

L'objectif général de ce travail de thèse est d'étudier les interactions entre les représentations phonologiques et orthographiques dans les deux modalités du langage (orale et écrite) lors du traitement de mots isolés (i.e., tâche de décision lexicale) et celui de phrases (i.e., compréhension de phrases) chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs engagés dans un cursus universitaire. Nous nous sommes intéressées à la fois à la contribution des représentations orthographiques lors du traitement de la parole, et à celle des représentations phonologiques lors de la lecture.

De nombreuses études ont mis en évidence que l'apprentissage d'un système d'écriture influence les capacités de l'individu à percevoir, catégoriser, et maintenir en mémoire l'information phonologique (Dehaene et al., 2010, 2015; Hagoort, 2017; Huettig, Kolinsky, et al., 2018). Certains travaux de recherche chez les normo-lecteurs suggèrent que les représentations orthographiques seraient activées de manière irrépressible et inconsciente lors de la reconnaissance des mots parlés (Pattamadilok, Morais, et al., 2014; Pattamadilok, Perre, et al., 2009; Ziegler et al., 2004). Inversement en modalité visuelle, la lecture d'un mot écrit activerait de manière rapide et automatique les représentations phonologiques qui lui sont associées (Pattamadilok et al., 2017; Wheat et al., 2010). Sur la base de ces observations, certains auteurs ont donc postulé l'existence de connexions bidirectionnelles entre les représentations orthographiques et phonologiques qui influenceraient tous les stades de traitement, aussi bien à l'oral qu'à l'écrit (Grainger & Ferrand, 1996; Grainger & Ziegler, 2008; McClelland et al., 2014; Pattamadilok et al., 2017; Stone et al., 1997).

Cependant, cette hypothèse a été formulée sur la base de conclusions tirées à partir du traitement de mots isolés. De plus en modalité auditive, très peu d'études se sont intéressées aux interactions entre représentations orthographiques et phonologiques chez les individus dyslexiques. Dans ce travail de thèse, nous proposons 1) d'examiner si ces conclusions sont généralisables à une situation plus écologique de traitement du langage dans laquelle les participants ont à écouter ou lire des phrases dans le but de les comprendre, 2) d'examiner les interactions entre orthographe et phonologie chez les individus dyslexiques de niveau universitaire.

En résumé, les travaux expérimentaux de cette thèse s'articulaient de la manière suivante. Dans le *Chapitre 5*, nous avons étudié l'existence et le décours temporel de l'influence des représentations orthographiques sur le traitement de mots parlés à la fois chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. Dans le *Chapitre 6*, nous avons examiné cette influence en compréhension de phrases chez les deux populations en manipulant la prédictibilité du contexte phrastique précédant le mot-cible. Dans le *Chapitre 7*, nous avons examiné l'existence et le décours temporel de l'influence des représentations phonologiques sur le traitement de mots écrits chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs, ainsi qu'en fonction des différences interindividuelles des normo-lecteurs. Enfin dans le *Chapitre 8*, nous avons examiné cette influence en lecture de phrases chez les différents types de lecteurs en manipulant également la prédictibilité du contexte phrastique précédant le mot-cible afin d'étudier la façon dont le contexte sémantique peut moduler le décours temporel de l'influence des représentations phonologiques dans chacune des populations étudiées. Un récapitulatif des résultats principaux est rapporté dans le Tableau 9.1.

Les résultats obtenus dans ce travail de thèse sont discutés en rapport avec le modèle connexionniste en triangle développé par Seidenberg et collaborateurs (Cox et al., 2015; Harm & Seidenberg, 1999, 2004, Seidenberg, 2005, 2007). Nous avons choisi ce modèle en particulier car sa structure permet de discuter de l'implication des représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques ainsi que de leurs connexions à la fois en modalité visuelle et auditive. Bien que ce modèle ait été initialement élaboré dans le but de rendre compte de la reconnaissance des mots écrits, son architecture en triangle reliant deux à deux les systèmes orthographique, phonologique, et sémantique nous permet de l'utiliser également afin de conceptualiser les mécanismes impliqués dans la reconnaissance des mots parlés.

Nous commençons par discuter les résultats obtenus en traitement de mots isolés en les mettant en lien avec les hypothèses faites par le modèle connexionniste en triangle, d'abord chez les normo-lecteurs, puis chez les individus dyslexiques. Ensuite, nous discutons les résultats obtenus en traitement de phrases afin d'examiner si la prédictibilité du contexte phrastique influence le poids des connexions entre orthographe et phonologie, chez les normo-lecteurs, puis chez les individus dyslexiques.

Tableau 9.1 : Récapitulatif des résultats principaux obtenus dans chacune des quatre expériences effectuées et pour chacune des deux populations étudiées.

Expérience	Normo-lecteurs	Dyslexiques
Traitement de mots parlés (Chapitre 5)	Influence des représentations orthographiques dès 300 ms après le début du mot Électrodes fronto-centrales gauches	Influence des représentations orthographiques plus tardive que les normo-lecteurs Électrodes fronto-centrales bilatérales
Traitement de mots écrits (Chapitre 7)	Population non homogène Les lecteurs phonologiques sont influencés par les représentations phonologiques de manière précoce Les lecteurs sémantiques semblent contourner l'activation des ces représentations	Influence tardive des représentations phonologiques
Compréhension de phrases orales (Chapitre 6)	La pré-activation d'un mot-cible grâce au contexte phrastique semble affecter l'accès aux représentations lexico-sémantiques et les processus d'unification sémantiques et syntaxiques Les représentations orthographiques semblent influencer le traitement du mot uniquement lors de la désambiguïsation de l'information phonologique	La pré-activation d'un mot-cible grâce au contexte phrastique semble affecter l'encodage du stimulus en mémoire Les représentations orthographiques semblent influencer le traitement du mot uniquement lorsqu'elles ont pu être pré-activées grâce au contexte
Compréhension de phrases écrites (Chapitre 8)	La pré-activation d'un mot-cible grâce au contexte phrastique facilite le traitement de ce mot dès les stades les plus précoces de traitement L'incohérence d'un mot-cible par rapport au contexte ne semble affecter le traitement de ce mot qu'après le stade de l'accès au lexique Les lecteurs phonologiques sont influencés par les représentations phonologiques de manière précoce indépendamment de la prédictibilité du contexte phrastique Les lecteurs sémantiques semblent contourner l'activation des ces représentations	Influence précoce des représentations phonologiques indépendamment de la prédictibilité du contexte phrastique

1. Les connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique en traitement de mots isolés

Les résultats que nous avons obtenus en traitement de mots isolés suggèrent l'existence de connexions bidirectionnelles entre représentations orthographiques et phonologiques qui affecteraient le traitement des mots, à la fois chez les normo-lecteurs et chez les individus dyslexiques. Nos résultats montrent en effet que la reconnaissance des mots parlés et écrits est influencée par les représentations orthographiques et phonologiques, respectivement. Cependant, dans chacune des deux modalités cette influence est plus tardive chez les individus dyslexiques que chez les normo-lecteurs. De plus chez les normo-lecteurs, en modalité visuelle l'influence des représentations phonologiques semble dépendre du poids des connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique.

Le modèle connexionniste en triangle postule que la reconnaissance des mots écrits repose sur l'assemblage coopératif de trois types de représentations : les représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques. Traditionnellement, le modèle connexionniste en triangle présuppose que les connexions entre les représentations phonologiques et sémantiques et entre les représentations phonologiques et orthographiques sont plus fortes que les connexions entre représentations orthographiques et sémantiques (Harm & Seidenberg, 2004). Cependant, les résultats obtenus dans ce travail de thèse suggèrent que la force de ces connexions est modulée par les compétences orthographiques, phonologiques, et sémantiques des individus.

1.1. Chez les normo-lecteurs

Chez les normo-lecteurs, les résultats en modalité auditive suggèrent l'existence de connexions bidirectionnelles entre représentations orthographiques et phonologiques qui affecteraient le traitement des mots parlés. En revanche en modalité visuelle, pris en tant qu'un seul groupe les normo-lecteurs ne montrent aucune influence des représentations phonologiques. Cette absence d'influence peut être due au fait que, dans notre étude, les mots-cibles utilisés étaient relativement courts et fréquents, ce qui a pu inciter les participants à avoir recours à la procédure orthographique. Cependant, certaines études récentes suggèrent que les différences interindividuelles influenceraient le poids des connexions entre orthographe, phonologie et sémantique. Nous avons donc exploré la façon dont les différences interindividuelles des normo-lecteurs pouvaient moduler le poids de ces connexions.

L'exploration de ces différences interindividuelles suggère en effet que l'influence des représentations phonologiques en lecture de mots isolés est modulée par le poids des connexions entre représentations orthographiques et phonologiques et entre représentations orthographiques et sémantiques. Il semble donc nécessaire de moduler les hypothèses faites par le modèle connexionniste en triangle à propos du poids des connexions entre les différents types de représentations impliqués dans la reconnaissance des mots. Dans la Figure 9.1 présentée ci-dessous, nous proposons de schématiser le poids des connexions qui unissent ces différentes représentations en fonction des différences interindividuelles des normo-lecteurs. En modalité visuelle, les lecteurs ayant développés de fortes connexions entre orthographe et phonologie (i.e., lecteurs phonologiques, représentés en violet dans la Figure 9.1) sont influencés par les représentations phonologiques, et ce de manière précoce. En revanche, les lecteurs ayant développés de fortes connexions entre

orthographe et sémantique (i.e., lecteurs sémantiques, représentés en vert dans la Figure 9.1) semblent contourner l'activation de ces représentations.

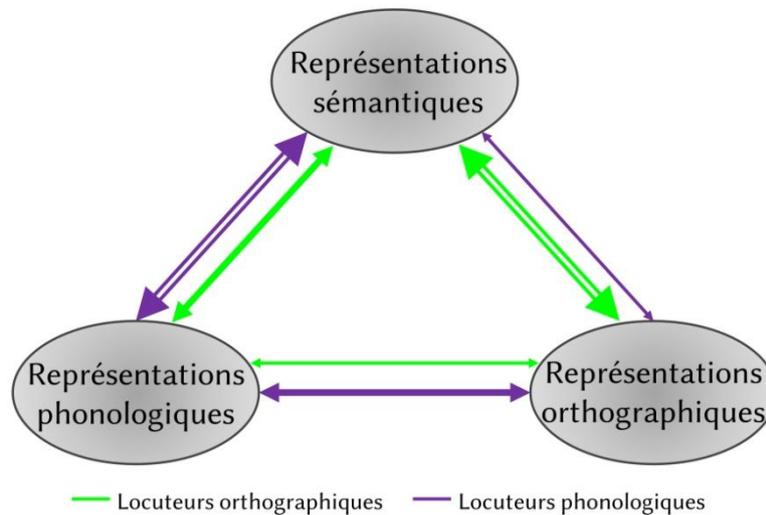


Figure 9.1 : Représentation schématique des mécanismes impliqués dans la reconnaissance des mots basée sur le cadre théorique général proposé par le modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 2004; Plaut, 1999; Seidenberg & McClelland, 1989). Les ovales représentent les différents niveaux encodant les représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques. Les flèches représentent les connexions bidirectionnelles qui unissent ces différents niveaux. L'épaisseur des flèches représente la force de ces connexions pour chaque type de lecteurs. Les flèches avec un double trait représentent les connexions les plus fortes. Les locuteurs orthographiques sont représentés en vert, et les locuteurs phonologiques en violet.

En modalité auditive, nous n'avons pas divisé les normo-lecteurs en sous-groupes en fonction de leurs compétences phonologiques et sémantiques. Cependant, la présence de corrélations entre la taille de l'effet de consistance en potentiels évoqués et les compétences sémantiques et phonologiques suggèrent que dans cette modalité également, les interactions entre représentations orthographiques et phonologiques sont modulées par le poids des connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique. Par conséquent, afin de pouvoir lier les résultats obtenus en modalité visuelle à ceux obtenus en modalité auditive, dans la suite de cette discussion les lecteurs phonologiques seront appelés locuteurs phonologiques, et les lecteurs sémantiques seront appelés locuteurs orthographiques.

Les normo-lecteurs ayant obtenus de meilleurs scores en tâche de vocabulaire exhibaient un effet de consistance orthographique plus important, ceux ayant obtenus de meilleurs scores en tâche de lecture de pseudomots exhibaient un effet de consistance de moins grande amplitude. En mettant en lien les résultats obtenus dans chacune des deux modalités, il semble que les normo-lecteurs ayant développé de plus fortes connexions entre représentations orthographiques et sémantiques qu'entre représentations orthographiques et phonologiques (i.e., locuteurs orthographiques) soient davantage influencés par les

représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés. En revanche, les normo-lecteurs ayant développé de plus fortes connexions entre représentations orthographiques et phonologiques qu'entre représentations orthographiques et sémantiques (i.e., locuteurs phonologiques) semblent moins influencés par les représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés.

Dans le cadre du modèle connexionniste en triangle, ce pattern de résultats suggère que les locuteurs orthographiques pourraient avoir développé de meilleures connexions entre orthographe et sémantique qu'entre orthographe et phonologie ou même entre phonologie et sémantique. Par conséquent, ce type de locuteurs contournerait l'activation des représentations phonologiques lors du traitement de mots écrits et s'appuierait sur les représentations orthographiques afin de renforcer l'activation des représentations lexico-sémantiques lors du traitement de mots parlés. En revanche, les locuteurs phonologiques pourraient avoir développé de meilleures connexions entre phonologie et sémantique qu'entre orthographe et sémantique ou même qu'entre orthographe et phonologie. Par conséquent, ce type de locuteurs activerait les représentations phonologiques de manière précoce lors du traitement de mots écrit et serait moins influencé par les représentations orthographiques lors du traitement de mots parlés.

Cependant dans ce travail de thèse, la division des normo-lecteurs en deux sous-groupes a été effectuée de manière exploratoire et chaque sous-groupe comprenait un nombre de participants relativement faible (i.e., $n=14$). Il semble donc nécessaire d'examiner l'impact de ces différences interindividuelles sur les interactions entre représentations orthographiques et phonologiques (à la fois en modalité écrite et en modalité orale) sur un échantillon de population plus large et en examinant de manière plus précise les compétences sémantiques et phonologiques des participants.

Par ailleurs, il pourrait également être intéressant de manipuler le degré d'imageabilité des mots-cibles afin d'étudier l'influence des différents types de représentations en fonction du profil cognitif des individus dans les deux modalités du langage. Cette étude pourrait être réalisée en MEG afin d'examiner la façon dont ces différences interindividuelles influencent à la fois le décours temporel de l'activation des différents types de représentation et les régions cérébrales impliquées dans le traitement des mots. De précédentes études en IRMf suggèrent qu'en lecture de mots, le niveau d'activation des régions cérébrales impliquées dans les traitements sémantiques et phonologiques

pourrait être prédit par les capacités sémantiques et phonologiques des participants (Hoffman et al., 2015; Johns et al., 2018; Malins et al., 2016). Il pourrait être intéressant d'examiner si le décours temporel de l'activation de ces différentes régions cérébrales est également modulé par les différences interindividuelles des participants, tant en modalité orale qu'en modalité écrite.

En modalité écrite, nous pouvons nous attendre à ce que les participants ayant développé de fortes connexions entre orthographe et phonologie montrent une activation plus forte et éventuellement plus précoce des régions impliquées dans les traitements phonologiques que les participants ayant développé de fortes connexions entre orthographe et sémantique. À l'inverse les participants ayant développé de fortes connexions entre orthographe et sémantique pourraient montrer un niveau d'activation plus important des régions cérébrales impliquées dans les traitements sémantiques.

En modalité auditive, les individus ayant développé de fortes connexions entre orthographe et sémantique pourraient être davantage influencés et de manière plus précoce par les représentations orthographiques que les individus ayant développé de fortes connexions entre phonologie et sémantique. Cependant, les résultats rapportés dans la littérature ne permettent pas de prédire de manière claire si l'influence de la consistance orthographique module le niveau d'activation des régions impliquées dans les traitements phonologiques (hypothèse de la restructuration des représentations phonologiques) ou celui des régions impliquées dans les traitements orthographiques (hypothèse de l'activation en temps réel des représentations orthographiques). Si l'influence des représentations orthographiques provient d'une restructuration des représentations phonologiques, le niveau d'activation des régions cérébrales impliquées dans les traitements phonologiques devrait être davantage modulé par la consistance orthographique des mots chez les individus ayant développé de fortes connexions entre orthographe et sémantique que chez les individus ayant développé de fortes connexions entre phonologie et sémantique. En revanche, si cette influence provient de l'activation en temps réel des représentations orthographiques, le niveau d'activation des régions cérébrales impliquées dans les traitements orthographiques devrait être davantage modulé par la consistance orthographique des mots et/ou de manière plus précoce chez les individus ayant développé de fortes connexions entre orthographe et sémantique que chez les individus ayant développé de fortes connexions entre phonologie et sémantique.

1.2. Chez les individus dyslexiques

Chez les individus dyslexiques nos résultats suggèrent également l'existence de connexions bidirectionnelles entre représentations orthographiques et phonologiques qui affecteraient le traitement des mots dans chacune des deux modalités. Cependant, à l'oral comme à l'écrit, cette influence est plus tardive que chez les normo-lecteurs.

Certaines études suggèrent que chez les individus dyslexiques, les connexions entre orthographe et phonologie sont déficitaires (Boets et al., 2013; Ramus, 2014; Ramus & Szenkovits, 2008; Vandermosten et al., 2012). Si tel est le cas, l'influence plus tardive des représentations orthographiques et phonologiques en traitement de mots parlés et écrits (respectivement) pourrait s'expliquer par la moindre qualité des connexions entre ces deux types de représentations (Figure 9.2) qui engendrerait des difficultés d'accès aux représentations orthographiques et phonologiques.

En revanche, d'autres études en modalité visuelle suggèrent que les individus dyslexiques ne manifesteraient pas de déficit précoce des traitements phonologiques mais un déficit des traitements visuo-orthographiques (Araújo et al., 2015; Breznitz, 2006; Breznitz & Misra, 2003; Savill & Thierry, 2011b). D'un autre côté en modalité auditive, certaines études suggèrent la présence d'un déficit des traitements phonétiques-phonologiques (Boets, Ghesquière, van Wieringen, & Wouters, 2007; Ziegler et al., 2009). Dans ce cas de figure, les interactions tardives entre représentations orthographiques et phonologiques pourraient être dues à un traitement plus lent des formes phonologiques et orthographiques (en modalité orale et en modalité écrite respectivement) qui ralentirait l'activation des diverses représentations liées aux mots.

Cependant, que les individus dyslexiques manifestent des déficits des associations grapho-phonémiques ou des déficits des traitements visuo-orthographiques d'une part et phonologiques d'autre part, il semble intéressant de noter que malgré ces déficits, le traitement de mots parlés est tout de même influencé par les représentations orthographiques, et le traitement de mots écrits par les représentations phonologiques. Si les représentations orthographiques et phonologiques sont déficitaires chez cette population, ces influences pourraient refléter la nécessité de renforcer et/ou stabiliser les représentations phonologiques à l'oral et orthographiques à l'écrit via l'activation des représentations orthographiques et phonologiques, respectivement.

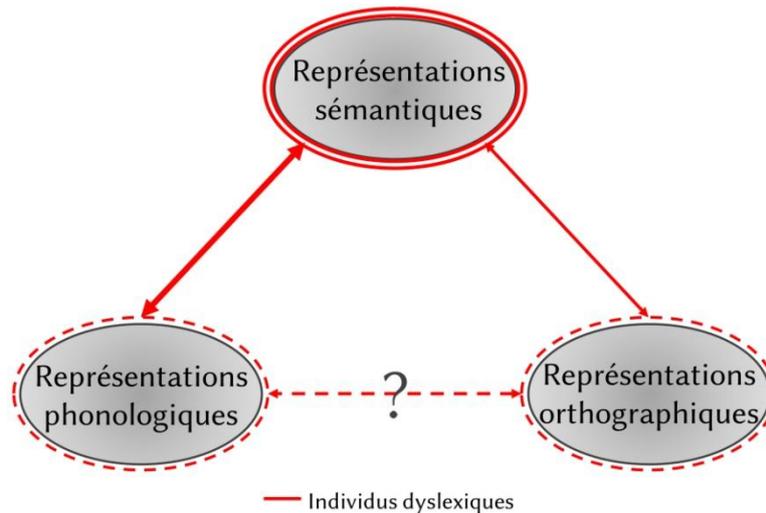


Figure 9.2 : Représentation schématique des mécanismes impliqués dans la reconnaissance des mots basée sur le cadre théorique général proposé par le modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 2004; Plaut, 1999; Seidenberg & McClelland, 1989). Les ovales gris représentent les différents niveaux encodant les représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques. Les contours en rouge représentent la « qualité » des différents types de représentation. Les formes en tirets représentent les connexions et/ou représentations déficitaires. Les flèches représentent les connexions bidirectionnelles qui unissent ces différents niveaux. L'épaisseur des flèches représente la force de ces connexions.

Par ailleurs, une étude récente en MEG suggère une réorganisation spatiotemporelle des réseaux neuronaux impliqués dans la lecture chez les adultes dyslexiques étudiant à l'université (Cavalli, Colé, et al., 2017). Dans cette étude, les auteurs observent une activation des régions impliquées dans les traitements sémantiques entre 45 et 170 ms après le début du mot-cible chez les individus dyslexiques tandis que les normo-lecteurs activaient ces mêmes régions entre 435 et 500 ms. De plus, les régions impliquées dans les traitements orthographiques étaient activées aux alentours de 100 ms chez les normo-lecteurs, et entre 100 et 200 ms et 205 et 500 ms chez les individus dyslexiques. Cavalli et collègues interprètent ce pattern de résultats comme pouvant refléter la mise en place de mécanismes de compensation chez les dyslexiques adultes. L'observation d'une influence précoce des représentations sémantiques dans les régions frontales inférieures gauches chez cette population pourrait refléter une activation *top-down* précoce des représentations morpho-sémantiques supportant les traitements lexicaux (Cavalli, Colé, et al., 2017). Ce résultat ne permet pas de conclure que de manière générale les régions cérébrales impliquées dans les traitements sémantiques seraient activées de manière plus précoce chez les individus dyslexiques que chez les normo-lecteurs. Toutefois, les résultats de cette étude suggèrent que le traitement des mots écrits pourrait être sous-tendu par des mécanismes différents chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs.

Une telle réorganisation du décours temporel de l'activation des divers types de représentations liées aux mots pourrait expliquer l'observation d'une influence tardive des représentations phonologiques lors du traitement de mots écrits dans notre étude. Par ailleurs, étant donné les déficits des traitements phonologiques manifestés par les individus dyslexiques, il est envisageable qu'en modalité auditive également les réseaux neuronaux impliqués dans la reconnaissance de mots parlés soient différents de ceux des normo-lecteurs. Il pourrait être intéressant de tester cette hypothèse en MEG à l'aide d'une tâche de décision lexicale auditive dans laquelle on aurait manipulé les relations entre phonologie, orthographe, et sémantique afin de mieux comprendre les processus cognitifs sous-jacents à la reconnaissance des mots chez les individus dyslexiques.

2. L'influence du contexte phrastique sur les connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique

Les résultats obtenus en traitement de phrases montrent également une influence des représentations orthographiques et phonologiques à l'oral et à l'écrit, respectivement, chez les deux populations. Cependant en modalité auditive, les interactions entre représentations phonologiques et orthographiques semblent être soutenues par des mécanismes différents chez les individus dyslexiques et normo-lecteurs. De plus, l'effet facilitateur du contexte prédictif semble affecter différents stades de traitement chez les deux populations. Nous revenons sur les résultats ayant conduit à cette conclusion dans les sections qui suivent. En modalité écrite en revanche, les deux populations ont obtenu un pattern de résultats similaire.

2.1. Chez les normo-lecteurs

En modalité visuelle, les résultats des normo-lecteurs pris en tant qu'un seul groupe montrent une activation précoce des représentations phonologiques, quel que soit la prédictibilité du contexte phrastique. Puisqu'au niveau du groupe entier aucun effet de consistance phonologique n'avait été observé lors du traitement de mots isolés, ce pattern de résultats suggère que la présence d'un contexte phrastique faciliterait l'activation des représentations phonologiques.

Cependant, la division des normo-lecteurs en deux sous-groupes révèle un pattern de résultats similaire à celui observé en traitement de mots isolés. Les locuteurs phonologiques

sont influencés par les représentations phonologiques de manière précoce tandis que les locuteurs orthographiques semblent contourner l'activation de ces représentations. Ce pattern de résultats semble en accord avec le modèle de l'Hypothèse de la Qualité Lexicale (Perfetti, 2007; Perfetti & Hart, 2002; Perfetti & Stafura, 2014) qui postule que la qualité des représentations lexicales et des connexions qui unissent les différents types de représentations (i.e., orthographiques, phonologiques, et sémantiques) déterminent les compétences en lecture de phrases.

Dans notre étude, le niveau d'habileté en lecture des locuteurs phonologiques et orthographiques ne semble pas différent : les deux sous-groupes ont obtenus des scores comparables à *L'Alouette* et ont également obtenus des durées de fixation comparables lors de la tâche expérimentale. Ceci suggère que les différentes « stratégies » de lecture adoptées par ces deux types de locuteurs n'affectent pas le *niveau* de lecture des participants. Comme schématisé dans la Figure 9.3, en modalité visuelle le contexte sémantique semble influencer l'accès au lexique mental, mais pas les connexions établies entre les différents types de représentations au sein de ce lexique

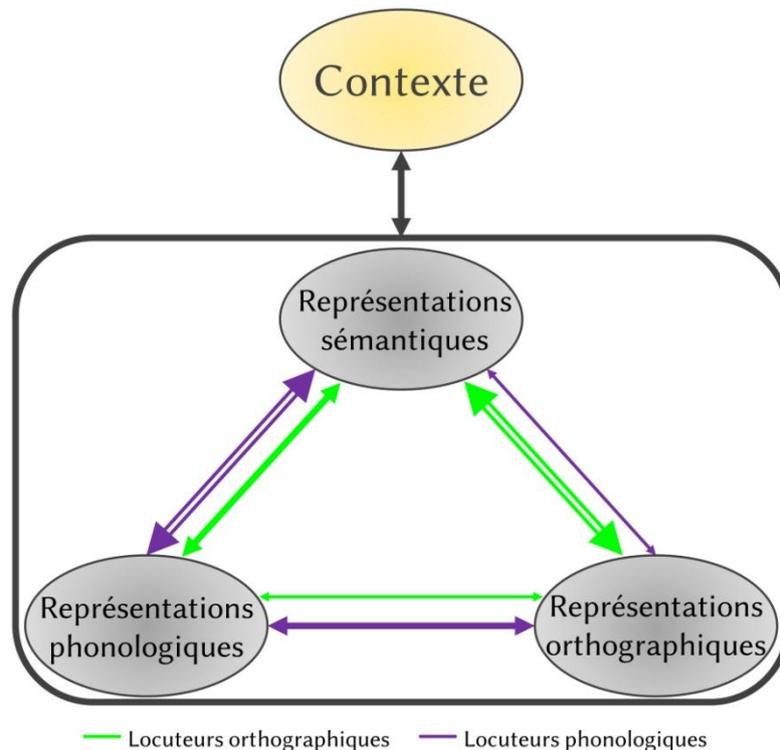


Figure 9.3 : Représentation schématique des mécanismes impliqués dans la reconnaissance des mots et de l'influence du contexte phrastique basée sur le cadre théorique général proposé par le modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 2004; Plaut, 1999; Seidenberg & McClelland, 1989). Les ovales gris représentent les différents niveaux encodant les représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques. L'ovale jaune représente le contexte phrastique dans lequel le mot est inséré. L'encadré représente le lexique mental. Les flèches représentent les connexions bidirectionnelles qui unissent ces différents niveaux. L'épaisseur des flèches représente la force de ces connexions pour chaque

type de lecteurs. Les flèches avec un double trait représentent les connexions les plus fortes. Les lecteurs sémantiques sont représentés en vert, et les lecteurs phonologiques en violet.

En modalité auditive en revanche, les normo-lecteurs n'étaient influencés par les représentations orthographiques que lorsque le mot-cible était inséré dans un contexte incohérent. Ce pattern de résultats suggère qu'en traitement de phrases, les représentations orthographiques n'influenceraient le traitement du langage oral que lors de la désambiguïsation de l'information phonologique fournie par le signal de parole. Cette interprétation semble compatible avec le modèle de la Cohorte (Marslen-Wilson, 1987; Marslen-Wilson & Tyler, 1980; Marslen-Wilson & Welsh, 1978) qui postule que les premiers stades de traitement des mots parlés seraient principalement basés sur des processus d'activation de nature *bottom-up*. En contexte prédictif ou neutre, le mot pourrait être reconnu uniquement sur la base de l'information phonologique perçue de manière *bottom-up*. En revanche en contexte incohérent, le locuteur pourrait avoir davantage recours aux diverses représentations liées au mot-cible (dont les représentations orthographiques) activées de manière *top-down* afin de renforcer l'activation des représentations lexico-sémantiques et de désambiguïser l'information perçue. Un contexte incohérent interromprait les processus d'intégration sémantique du mot et inciterait le locuteur à s'appuyer sur les représentations orthographiques associées au mot-cible afin de désambiguïser l'information phonologique perçue.

Dans l'étude examinant les interactions entre représentations orthographiques et phonologiques en traitement de phrases orales, les normo-lecteurs n'ont pas été divisés en deux sous-groupes et nous n'avons pas fait d'analyses de corrélations entre la taille de l'effet de consistance observé en temps-fréquence et les compétences sémantiques et phonologiques des participants. Cependant il est envisageable que le poids des connexions entre les différents types de représentations module l'influence des représentations orthographiques de la même manière que ce qui a été observé lors du traitement de mots isolés. Les individus ayant développé de fortes connexions entre orthographe et sémantique pourraient montrer une influence des représentations orthographiques en contexte prédictif et neutre également. L'accès lexical n'étant pas perturbé par le contexte, cette influence pourrait être plus précoce et moins forte qu'en contexte incohérent.

Pour résumer, les résultats obtenus dans ce travail de thèse suggèrent que les normo-lecteurs ne formeraient pas une population totalement homogène et que le poids des connexions entre représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques serait

fortement dépendant des capacités sémantiques et phonologiques des participants. Cette hypothèse n'a pas été testée en traitement de phrases auditives. Il pourrait cependant être intéressant d'examiner si ces différences interindividuelles influencent également le traitement d'un mot en contexte phrastique dans cette modalité.

2.2. Chez les individus dyslexiques

En modalité visuelle, les résultats montrent que les individus dyslexiques semblent s'appuyer sur le contexte phrastique afin de compenser les déficits des associations entre orthographe et phonologie. En effet, tandis qu'en traitement de mots isolés l'influence des représentations phonologiques est plus tardive chez cette population que chez les normo-lecteurs, en traitement de phrases cette influence est observée de manière précoce chez les deux populations. Il semblerait donc que chez les adultes dyslexiques, la présence d'un contexte phrastique influence directement les connexions entre représentations orthographiques et phonologiques (cf. Figure 9.4), contrairement à ce qui est observé chez les normo-lecteurs.

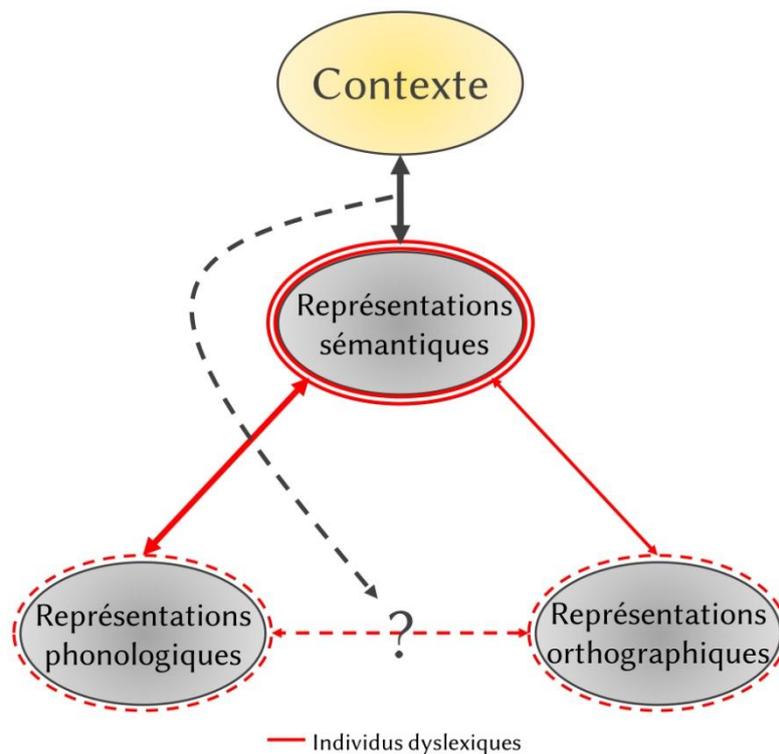


Figure 9.4 : Représentation schématique des mécanismes impliqués dans la reconnaissance des mots et de l'influence du contexte phrastique basée sur le cadre théorique général proposé par le modèle connexionniste en triangle (Harm & Seidenberg, 2004; Plaut, 1999; Seidenberg & McClelland, 1989). Les ovales gris représentent les différents niveaux encodant les représentations orthographiques, phonologiques, et sémantiques. Les contours en rouge la « qualité » des différents types de représentation. L'ovale jaune représente le contexte phrastique dans lequel le mot est inséré. Les flèches rouges représentent les connexions bidirectionnelles qui unissent ces différents niveaux. L'épaisseur des flèches

représente la force de ces connexions. La flèche grise schématise l'influence (unidirectionnelle) du contexte phrastique sur les connexions entre orthographe et phonologie.

En modalité auditive, les résultats obtenus dans ce travail de thèse suggèrent que la prédictibilité du contexte influence les traitements de bas niveau chez les individus dyslexiques (i.e., l'encodage du stimulus en mémoire), tandis qu'elle influence des traitements de plus haut niveau chez les normo-lecteurs (i.e., l'accès aux représentations lexico-sémantiques et les processus d'unification sémantiques et syntaxiques). Par ailleurs, contrairement à ce qui a été observé chez les normo-lecteurs, les représentations orthographiques semblent influencer le traitement du mot-cible uniquement lorsqu'elles ont pu être pré-activées grâce au contexte. Ce pattern de résultats suggère également que chez cette population, le contexte sémantique influencerait directement les connexions entre orthographe et sémantique et permettrait de les renforcer. Cependant, étant donné le caractère préliminaire des résultats obtenus dans la tâche de compréhension de phrases orales, de plus amples analyses sont nécessaires afin de confirmer cette interprétation.

Par ailleurs, de la même manière que proposé lors de la discussion des résultats obtenus en traitement de mots isolés, une étude en MEG pourrait permettre d'examiner la façon dont la prédictibilité du contexte phrastique influence l'activation des régions impliquées dans les traitements phonologiques, orthographiques, et sémantiques, ainsi que le déroulement temporel de l'activation de ces différentes régions. Sur la base des résultats obtenus dans ce travail de thèse, il est envisageable que chez les individus dyslexiques, le déroulement temporel de l'activation des différentes régions cérébrales impliquées dans le traitement du langage oral et écrit soit différent lors du traitement isolé et lors de celui de phrases.

3. Limites et perspectives

Dans les tâches présentées dans ce travail de thèse nous avons sélectionné des mots courts et de haute fréquence. L'emploi de mots fréquents a pu exacerber les différences interindividuelles des normo-lecteurs. L'utilisation d'une tâche impliquant le traitement de mots de plus basse fréquence pourrait conduire les participants ayant développé de fortes connexions entre orthographe et sémantique à s'appuyer davantage sur les représentations phonologiques en traitement de mots écrits, et les participants ayant développé de fortes connexions entre phonologie et sémantique à s'appuyer davantage sur les représentations

orthographiques en traitement de mots parlés. Il pourrait donc être intéressant de proposer une tâche dans laquelle on manipulerait à la fois la consistance (orthographique à l'oral et phonologique à l'écrit) et la fréquence des mots afin d'examiner si les différences interindividuelles observées quant au poids des connexions entre orthographe, phonologie, et sémantique, concerne également le traitement de mots de basse fréquence.

Par ailleurs, en modalité visuelle, les temps de fixation observés en tâche de décision lexicale sont systématiquement plus longs que ceux observés sur le mot-cible en tâche de compréhension de phrases, quel que soit le contexte. Cette observation suggère que la présence d'une tâche nécessitant une prise de décision (i.e., le stimulus présenté est-il un mot réel ou non ?) ralentit le traitement du mot-cible et ne permet pas de comparer directement le traitement de mots présentés en isolation et en contexte phrastique. L'emploi d'un paradigme *go/no-go* dans lequel nous analyserions uniquement les essais *no-go* pourrait permettre de réduire l'effet de tâche et de comparer directement le traitement des mots-cibles en condition isolée et en condition phrases.

En modalité auditive, l'inspection visuelle des données recueillies dans la tâche de compréhension de phrases indique la présence d'une quantité très importante d'activité alpha. Étant donné la nature de la tâche employée (i.e., écouter les phrases dans le but de les comprendre), il est probable qu'une grande partie de cette activité ne soit pas due au traitement des stimuli eux-mêmes mais au fait que la tâche soit relativement passive et n'implique pas systématiquement de réponse. Il semble donc important de réexaminer cette question à l'aide d'une tâche impliquant davantage les processus attentionnels des participants. L'utilisation d'une tâche impliquant une question à chaque fin de phrase pourrait notamment permettre de maintenir l'attention des participants et améliorer la qualité des données recueillies. Une telle tâche ne semble pas non plus incompatible avec l'aspect écologique de traitement du langage que nous proposons d'examiner car en situation quotidienne de traitement de la parole, le locuteur n'est généralement pas passif et a fréquemment pour but de répondre à l'information perçue.

De plus, en situation naturelle l'environnement sonore superposé à la parole du locuteur est rarement neutre et différents bruits peuvent perturber le traitement du signal. Lors de la tâche employée dans ce travail de thèse, les phrases ont été enregistrées en condition non bruitée. Les conditions de traitement et perception des phrases orales semblent donc plus optimales que lors de la plupart des situations quotidiennes. L'absence

d'effet de consistance orthographique en contexte prédictif et neutre chez les normo-lecteurs pourrait en partie être due à cette situation particulièrement optimale de traitement de la parole. L'ajout d'un bruit de fond tel que ceux présents en situation plus naturelle de traitement de la parole (e.g., la présence d'autres conversations) pourrait modifier le pattern de résultats obtenu. Si, chez les normo-lecteurs, les représentations orthographiques n'influencent le traitement des mots parlés que lorsqu'il est nécessaire de désambigüiser et/ou renforcer l'activation des représentations lexico-sémantiques, la présence de bruit pourrait également exacerber l'effet de consistance orthographique quel que soit le degré de prédictibilité du contexte phrastique.

Conclusion générale

En conclusion, les travaux conduits dans le cadre de cette thèse ont permis de mettre en évidence l'importance du poids et de la qualité des connexions entre les différents types de représentations.

Chez les normo-lecteurs, les capacités sémantiques et phonologiques des individus modulent le poids des connexions entre représentations phonologiques, orthographiques, et sémantiques, ainsi que leurs contributions au traitement des mots écrits et parlés. De plus, les résultats obtenus en compréhension de phrases soutiennent l'Hypothèse de la Qualité Lexicale. Le contexte phrastique semble influencer l'accès global aux représentations lexico-sémantiques et non le poids des connexions entre les différents types de représentations.

Chez les dyslexiques adultes, l'influence tardive des représentations orthographiques et phonologiques en traitement de mots parlés et écrits, respectivement, suggère un déficit des traitements visuo-orthographiques et phonologiques et/ou des connexions entre ces deux types de traitement. Toutefois, la présence d'un contexte phrastique semble renforcer le poids des connexions entre orthographe et phonologie. Ceci suggère que les mécanismes impliqués dans le traitement du langage pourraient être différent de ceux des normo-lecteurs, potentiellement du fait de la mise en place de mécanismes de protection afin de compenser les déficits des traitements phonologiques et orthographiques manifestés par cette population.

Références

- Al Dahhan, N., Georgiou, G. K., Hung, R., Munoz, D., Parrila, R., & Kirby, J. R. (2014). Eye movements of university students with and without reading difficulties during naming speed tasks. *Annals of Dyslexia*, 64(2), 137–150. <https://doi.org/10.1007/s11881-013-0090-z>
- Alario, F.-X., Dufour, S., & Pattamadilok, C. (2016). Codage lexico-sémantique : comment les mots font sens. In S. Pinto & M. Sato (Eds.), *Traité de neurolinguistique - Du cerveau au langage* (1st ed., pp. 197–205). Louvain-la-Neuve (Belgium): De Boeck Supérieur.
- Alho, J., Lin, F.-H., Sato, M., Tiitinen, H., Sams, M., & Jääskeläinen, I. P. (2014). Enhanced neural synchrony between left auditory and premotor cortex is associated with successful phonetic categorization. *Frontiers in Psychology*, 5, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00394>
- Altmann, G. T. M., & Kamide, Y. (1999). Incremental interpretation at verbs: restricting the domain of subsequent reference. *Cognition*, 73(3), 247–264. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00059-1](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00059-1)
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5)* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Anderson, S. W., Podwall, F. N., & Jaffe, J. (1984). Timing Analysis of Coding and Articulation Processes in Dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 433(1), 71–86. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1984.tb14760.x>
- Andrews, S. (1982). Phonological recoding: Is the regularity effect consistent? *Memory & Cognition*, 10(6), 565–575. <https://doi.org/10.3758/BF03202439>
- Araújo, S., Faisca, L., Bramão, I., Petersson, K. M., & Reis, A. (2014). Lexical and phonological processes in dyslexic readers: Evidence from a visual lexical decision task. *Dyslexia*, 20(1), 38–53. <https://doi.org/10.1002/dys.1461>
- Araújo, S., Faisca, L., Bramão, I., Reis, A., & Petersson, K. M. (2015). Lexical and sublexical orthographic processing: An ERP study with skilled and dyslexic adult readers. *Brain and Language*, 141, 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.11.007>
- Araújo, S., Faisca, L., Reis, A., Marques, J. F., & Petersson, K. M. (2016). Visual naming deficits in dyslexia: An ERP investigation of different processing domains. *Neuropsychologia*, 91, 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.07.007>
- Araújo, S., Inácio, F., Francisco, A., Faisca, L., Petersson, K. M., & Reis, A. (2011). Component Processes Subserving Rapid Automatized Naming in Dyslexic and Non-dyslexic Readers. *Dyslexia*, 17(3), 242–255. <https://doi.org/10.1002/dys.433>
- Ashby, J., Rayner, K., & Clifton, C. (2005). Eye movements of highly skilled and average readers: Differential effects of frequency and predictability. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 58(6), 1065–1086. <https://doi.org/10.1080/02724980443000476>
- Ashby, J., Sanders, L. D., & Kingston, J. (2009). Skilled readers begin processing sub-phonemic features by 80ms during visual word recognition: Evidence from ERPs. *Biological Psychology*, 80(1), 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.03.009>
- Baayen, R. H. (2008). *Analyzing Linguistic Data. Processing* (Vol. 2). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511801686>
- Bakos, S., Landerl, K., Bartling, J., Schulte-Körne, G., & Moll, K. (2017). Deficits in Letter-Speech Sound Associations but Intact Visual Conflict Processing in Dyslexia: Results from a Novel ERP-Paradigm. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00116>
- Balota, D. A., Cortese, M. J., Sergent-Marshall, S. D., Spieler, D. H., & Yap, M. J. (2004). Visual Word Recognition of Single-Syllable Words. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(2), 283–316. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.2.283>
- Bar, M. (2007). The proactive brain: using analogies and associations to generate predictions. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(7), 280–289. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.05.005>
- Bar, M. (2009). The proactive brain: memory for predictions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1521), 1235–1243. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0310>
- Barnea, A., Lamm, O., Epstein, R., & Pratt, H. (1994). Brain Potentials from Dyslexic Children Recorded During Short-Term Memory Tasks. *International Journal of Neuroscience*, 74(1–4), 227–237. <https://doi.org/10.3109/00207459408987241>

- Bastiaansen, M. C. M., & Hagoort, P. (2006). Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension. In C. Neuper & W. Klimesch (Eds.), *Event-Related Dynamics of Brain Oscillations* (pp. 179–196). Amsterdam: Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)59012-0](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)59012-0)
- Bastiaansen, M. C. M., Magyar, L., & Hagoort, P. (2010). Syntactic Unification Operations Are Reflected in Oscillatory Dynamics during On-line Sentence Comprehension. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(7), 1333–1347. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21283>
- Bastiaansen, M. C. M., Mazaheri, A., & Jensen, O. (2011). Beyond ERPs: Oscillatory Neuronal Dynamics. In S. J. Luck & E. S. Kappenman (Eds.), *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components* (pp. 31–50). New York, NY: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195374148.013.0024>
- Bastiaansen, M. C. M., van der Linden, M., Keurs, M. ter, Dijkstra, T., & Hagoort, P. (2005). Theta Responses Are Involved in Lexical–Semantic Retrieval during Language Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(3), 530–541. <https://doi.org/10.1162/0898929053279469>
- Bates, D. M., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, *67*(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Behrmann, M., & Bub, D. (1992). Surface dyslexia and dysgraphia: dual routes, single lexicon. *Cognitive Neuropsychology*, *9*(3), 209–251. <https://doi.org/10.1080/02643299208252059>
- Beidas, H., Khateb, A., & Breznitz, Z. (2013). The cognitive profile of adult dyslexics and its relation to their reading abilities. *Reading and Writing*, *26*(9), 1487–1515. <https://doi.org/10.1007/s11145-013-9428-5>
- Bell, A. J., & Sejnowski, T. J. (1995). An Information-Maximization Approach to Blind Separation and Blind Deconvolution. *Neural Computation*, *7*(6), 1129–1159. <https://doi.org/10.1162/neco.1995.7.6.1129>
- Ben-Dror, I., Pollatsek, A., & Scarpati, S. (1991). Word identification in isolation and in context by college dyslexic students. *Brain and Language*, *40*(4), 471–490. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(91\)90144-P](https://doi.org/10.1016/0093-934X(91)90144-P)
- Bentin, S., Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1993). Electrophysiological evidence for task effects on semantic priming in auditory word processing. *Psychophysiology*, *30*(2), 161–169. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb01729.x>
- Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M. H., Echallier, J. F., & Pernier, J. (1999). ERP Manifestations of Processing Printed Words at Different Psycholinguistic Levels: Time Course and Scalp Distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*(3), 235–260. <https://doi.org/10.1162/089892999563373>
- Berent, I., Vaknin-Nusbaum, V., Balaban, E., & Galaburda, A. M. (2012). Dyslexia Impairs Speech Recognition but Can Spare Phonological Competence. *PLoS ONE*, *7*(9), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044875>
- Bergelson, E., & Swingle, D. (2012). At 6-9 months, human infants know the meanings of many common nouns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(9), 3253–3258. <https://doi.org/10.1073/pnas.1113380109>
- Bergmann, J., & Wimmer, H. (2008). A dual-route perspective on poor reading in a regular orthography: Evidence from phonological and orthographic lexical decisions. *Cognitive Neuropsychology*, *25*(5), 653–676. <https://doi.org/10.1080/02643290802221404>
- Bermeitinger, C., Frings, C., & Wentura, D. (2008). Reversing the N400: event-related potentials of a negative semantic priming effect. *NeuroReport*, *19*(15), 1479–1482. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32830f4b0b>
- Beyersmann, E., Iakimova, G., Ziegler, J. C., & Colé, P. (2014). Semantic processing during morphological priming: An ERP study. *Brain Research*, *1579*, 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.07.010>
- Bidaud, É., & Megherbi, H. (2005). De l'oral à l'écrit. *La Lettre de l'enfance et de l'adolescence*, *61*(3), 19. <https://doi.org/10.3917/lett.061.24>
- Binder, J. R., Liebenthal, E., Possing, E. T., Medler, D. A., & Ward, B. D. (2004). Neural correlates of sensory and decision processes in auditory object identification. *Nature Neuroscience*, *7*(3), 295–301. <https://doi.org/10.1038/nn1198>
- Binder, J. R., Medler, D. A., Desai, R. H., Conant, L. L., & Liebenthal, E. (2005). Some neurophysiological constraints on models of word naming. *NeuroImage*, *27*(3), 677–693. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.04.029>
- Binney, R. J., Embleton, K. V., Jefferies, E., Parker, G. J. M., & Lambon Ralph, M. A. (2010). The Ventral and Inferolateral Aspects of the Anterior Temporal Lobe Are Crucial in Semantic Memory: Evidence from a Novel Direct Comparison of Distortion-Corrected fMRI, rTMS, and Semantic Dementia. *Cerebral Cortex*, *20*(11), 2728–2738. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq019>
- Bishop, D. V. M. (2007). Using mismatch negativity to study central auditory processing in developmental language and literacy impairments: Where are we, and where should we be going? *Psychological Bulletin*, *133*(4), 651–672. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.4.651>

- Blau, V. C., Reithler, J., Van Atteveldt, N. M., Seitz, J., Gerretsen, P., Goebel, R., & Blomert, L. (2010). Deviant processing of letters and speech sounds as proximate cause of reading failure: A functional magnetic resonance imaging study of dyslexic children. *Brain*, *133*(3), 868–879. <https://doi.org/10.1093/brain/awp308>
- Blau, V. C., van Atteveldt, N. M., Ekkebus, M., Goebel, R., & Blomert, L. (2009). Reduced Neural Integration of Letters and Speech Sounds Links Phonological and Reading Deficits in Adult Dyslexia. *Current Biology*, *19*(6), 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.01.065>
- Block, C. K., & Baldwin, C. L. (2010). Cloze probability and completion norms for 498 sentences: Behavioral and neural validation using event-related potentials. *Behavior Research Methods*, *42*(3), 665–670. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.3.665>
- 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., & Mitterer, H. (2004). The fragile nature of the speech-perception deficit in dyslexia: Natural vs. synthetic speech. *Brain and Language*, *89*(1), 21–26. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(03\)00305-5](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00305-5)
- Blomert, L., Mitterer, H., & Paffen, C. (2004). In Search of the Auditory, Phonetic, and/or Phonological Problems in Dyslexia. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, *47*(5), 1030. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2004\)077](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2004)077)
- Boersma, P., & Weenink, D. (2015). Praat: doing phonetics by computer.
- Boets, B., Ghesquière, P., van Wieringen, A., & Wouters, J. (2007). Speech perception in preschoolers at family risk for dyslexia: Relations with low-level auditory processing and phonological ability. *Brain and Language*, *101*(1), 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.06.009>
- Boets, B., Op de Beeck, H. P., Vandermosten, M., Scott, S. K., Gillebert, C. R., Mantini, D., ... Ghesquière, P. (2013). Intact But Less Accessible Phonetic Representations in Adults with Dyslexia. *Science*, *342*(6163), 1251–1254. <https://doi.org/10.1126/science.1244333>
- Bolger, D. J., Balass, M., Landen, E., & Perfetti, C. A. (2008). Context Variation and Definitions in Learning the Meanings of Words: An Instance-Based Learning Approach. *Discourse Processes*, *45*(2), 122–159. <https://doi.org/10.1080/01638530701792826>
- Bonhage, C. E., Meyer, L., Gruber, T., Friederici, A. D., & Mueller, J. L. (2017). Oscillatory EEG dynamics underlying automatic chunking during sentence processing. *NeuroImage*, *152*, 647–657. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.03.018>
- Bonte, M. L., & Blomert, L. (2004). Developmental dyslexia: ERP correlates of anomalous phonological processing during spoken word recognition. *Cognitive Brain Research*, *21*(3), 360–376. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.06.010>
- Bonte, M. L., Poelmans, H., & Blomert, L. (2007). Deviant neurophysiological responses to phonological regularities in speech in dyslexic children. *Neuropsychologia*, *45*(7), 1427–1437. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.11.009>
- Booth, J. R., Burman, D. D., Meyer, J. R., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., & Mesulam, M. M. (2004). Development of Brain Mechanisms for Processing Orthographic and Phonologic Representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*(7), 1234–1249. <https://doi.org/10.1162/0898929041920496>
- Bosman, A. M. T., Vonk, W., & van Zwam, M. (2006). Spelling consistency affects reading in young Dutch readers with and without dyslexia. *Annals of Dyslexia*, *56*(2), 271–300. <https://doi.org/10.1007/s11881-006-0012-4>
- Boston, M. F., Hale, J. T., Kliegl, R., Patil, U., & Vasishth, S. (2008). Parsing costs as predictors of reading difficulty: An evaluation using the Potsdam Sentence Corpus. *Journal of Eye Movement Research*, *2*(1), 1–12. <https://doi.org/10.16910/jemr.2.1.1>
- Bowers, P. G., & Swanson, L. B. (1991). Naming speed deficits in reading disability: Multiple measures of a singular process. *Journal of Experimental Child Psychology*, *51*(2), 195–219. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(91\)90032-N](https://doi.org/10.1016/0022-0965(91)90032-N)
- Brady, S., & Shankweiler, D. P. (1991). *Phonological processes in literacy: A tribute to Isabelle Y. Liberman*. (S. A. Brady & D. P. Shankweiler, Eds.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brady, S., Shankweiler, D. P., & Mann, V. (1983). Speech perception and memory coding in relation to reading ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *35*(2), 345–367. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(83\)90087-5](https://doi.org/10.1016/0022-0965(83)90087-5)
- Brandeis, D., & Lehmann, D. (1994). ERP mapping: A tool for assessing language disorders. In H.-J. Heinze, T. F. Mante, & G. R. Mangun (Eds.), *Cognitive electrophysiology* (pp. 242–250). Boston: Birkhauser.
- Brem, S., Bach, S., Kucian, K., Kujala, J. V., Guttorm, T. K., Martin, E., ... 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>
- Brem, S., Bucher, K., Halder, P., Summers, P., Dietrich, T., Martin, E., & Brandeis, D. (2006). Evidence for developmental changes in the visual word processing network beyond adolescence. *NeuroImage*, 29(3), 822–837. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.09.023>
- Brem, S., Halder, P., Bucher, K., Summers, P., Martin, E., & Brandeis, D. (2009). Tuning of the visual word processing system: Distinct developmental ERP and fMRI effects. *Human Brain Mapping*, 30(6), 1833–1844. <https://doi.org/10.1002/hbm.20751>
- Breznitz, Z. (2005). Brain Activity During Performance of Naming Tasks: Comparison Between Dyslexic and Regular Readers. *Scientific Studies of Reading*, 9(1), 17–42. https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0901_3
- Breznitz, Z. (2006). *Fluency in Reading: Synchronization of Processes*. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers. <https://doi.org/10.4324/9781410617019>
- Breznitz, Z., & Misra, M. (2003). Speed of processing of the visual–orthographic and auditory–phonological systems in adult dyslexics: The contribution of “asynchrony” to word recognition deficits. *Brain and Language*, 85(3), 486–502. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(03\)00071-3](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00071-3)
- Brothers, T., Swaab, T. Y., & Traxler, M. J. (2015). Effects of prediction and contextual support on lexical processing: Prediction takes precedence. *Cognition*, 136, 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.10.017>
- Brouwer, H., Fitz, H., & Hoeks, J. (2012). Getting real about Semantic Illusions: Rethinking the functional role of the P600 in language comprehension. *Brain Research*, 1446, 127–143. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.01.055>
- Brown, C. M., & Hagoort, P. (1993). The Processing Nature of the N400: Evidence from Masked Priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5(1), 34–44. <https://doi.org/10.1162/jocn.1993.5.1.34>
- Brown, C. M., & Hagoort, P. (1999). On the Electrophysiology of Language Comprehension: Implications for the Human Language System. In M. W. Crocker, M. Pickering, & C. Clifton (Eds.), *Architectures and Mechanisms for Language Processing* (pp. 213–237). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511527210.010>
- Brown, M. S., Roberts, M. A., & Besner, D. (2001). Semantic processing in visual word recognition: Activation blocking and domain specificity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(4), 778–784. <https://doi.org/10.3758/BF03196217>
- Bruck, M. (1990). Word-recognition skills of adults with childhood diagnoses of dyslexia. *Developmental Psychology*, 26(3), 439–454. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.26.3.439>
- Bruck, M. (1992). Persistence of dyslexics’ phonological awareness deficits. *Developmental Psychology*, 28(5), 874–886. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.28.5.874>
- Bruno, J. L., Zumberge, A., Manis, F. R., Lu, Z.-L., & Goldman, J. G. (2008). Sensitivity to orthographic familiarity in the occipito-temporal region. *NeuroImage*, 39(4), 1988–2001. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.10.044>
- Brunswick, N., McCrory, E. J., Price, C. J., Frith, C. D., & Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics. *Brain*, 122(10), 1901–1917. <https://doi.org/10.1093/brain/122.10.1901>
- Bryant, P. E., MacLean, M., Bradley, L. L., & Crossland, J. (1990). Rhyme and alliteration, phoneme detection, and learning to read. *Developmental Psychology*, 26(3), 429–438. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.26.3.429>
- Calvo, M. G., & Meseguer, E. (2002). Eye movements and processing stages in reading: relative contribution of visual, lexical, and contextual factors. *The Spanish Journal of Psychology*, 5(1), 66–77. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12025367>
- Cao, F., Yan, X., Wang, Z., Liu, Y., Wang, J., Spray, G. J., & Deng, Y. (2017). Neural signatures of phonological deficits in Chinese developmental dyslexia. *NeuroImage*, 146, 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.11.051>
- Caravolas, M., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2001). The Foundations of Spelling Ability: Evidence from a 3-Year Longitudinal Study. *Journal of Memory and Language*, 45(4), 751–774. <https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2785>
- Carrasco-Ortiz, H., Midgley, K. J., Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2017). Interactions in the neighborhood: Effects of orthographic and phonological neighbors on N400 amplitude. *Journal of Neurolinguistics*, 41, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2016.06.007>
- Carreiras, M., Armstrong, B. C., Perea, M., & Frost, R. (2014). The what, when, where, and how of visual word

- recognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(2), 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.11.005>
- Carreiras, M., Perea, M., Vergara, M., & Pollatsek, A. (2009). The time course of orthography and phonology: ERP correlates of masked priming effects in Spanish. *Psychophysiology*, 46(5), 1113–1122. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00844.x>
- Castles, A., Bates, T., & Coltheart, M. (2006). John Marshall and the developmental dyslexias. *Aphasiology*, 20(9), 871–892. <https://doi.org/10.1080/02687030600738952>
- Castles, A., & Coltheart, M. (1993). Varieties of developmental dyslexia. *Cognition*, 47(2), 149–180. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(93\)90003-E](https://doi.org/10.1016/0010-0277(93)90003-E)
- Castles, A., Coltheart, M., Larsen, L., Jones, P., Saunders, S. J., & McArthur, G. (2009). Assessing the basic components of reading: A revision of the Castles and Coltheart test with new norms. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 14(1), 67–88. <https://doi.org/10.1080/19404150902783435>
- Castles, A., Holmes, V. M., Neath, J., & Kinoshita, S. (2003). How does orthographic knowledge influence performance on phonological awareness tasks? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 56(3), 445–467. <https://doi.org/10.1080/02724980244000486>
- Castro-Caldas, A., Petersson, K. M., Reis, A., & Stone-Elander, S. (1998). The illiterate brain. Learning to read and write during childhood influences the functional organization of the adult brain. *Brain*, 121, 1053–1063.
- Cavalli, E., Casalis, S., El-Ahmadi, A., Zira, M., Poracchia-George, F., & Colé, P. (2016). Vocabulary skills are well developed in university students with dyslexia: Evidence from multiple case studies. *Research in Developmental Disabilities*, 51–52, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.01.006>
- Cavalli, E., Colé, P., Badier, J.-M., Zielinski, C., Chanoine, V., & Ziegler, J. C. (2016). Spatiotemporal Dynamics of Morphological Processing in Visual Word Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28(8), 1228–1242. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00959
- Cavalli, E., Colé, P., Leloup, G., Poracchia-George, F., Sprenger-Charolles, L., & El Ahmadi, A. (2018). Screening for Dyslexia in French-Speaking University Students: An Evaluation of the Detection Accuracy of the Alouette Test. *Journal of Learning Disabilities*, 51(3), 268–282. <https://doi.org/10.1177/0022219417704637>
- Cavalli, E., Colé, P., Pattamadilok, C., Badier, J. M., Zielinski, C., Chanoine, V., & Ziegler, J. C. (2017). Spatiotemporal reorganization of the reading network in adult dyslexia. *Cortex*, 92, 204–221. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.04.012>
- Cavalli, E., Duncan, L. G., Elbro, C., El-Ahmadi, A., & Colé, P. (2017). Phonemic–Morphemic dissociation in university students with dyslexia: an index of reading compensation? *Annals of Dyslexia*, 67(1), 63–84. <https://doi.org/10.1007/s11881-016-0138-y>
- Chace, K. H., Rayner, K., & Well, A. D. (2005). Eye Movements and Phonological Parafoveal Preview: Effects of Reading Skill. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 59(3), 209–217. <https://doi.org/10.1037/h0087476>
- Chen, H.-C., Vaid, J., Boas, D. A., & Bortfeld, H. (2011). Examining the phonological neighborhood density effect using near infrared spectroscopy. *Human Brain Mapping*, 32(9), 1363–1370. <https://doi.org/10.1002/hbm.21115>
- Chen, W.-F., Chao, P.-C., Chang, Y.-N., Hsu, C.-H., & Lee, C.-Y. (2016). Effects of orthographic consistency and homophone density on Chinese spoken word recognition. *Brain and Language*, 157–158, 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.04.005>
- Chéreau, C., Gaskell, M. G., & Dumay, N. (2007). Reading spoken words: Orthographic effects in auditory priming. *Cognition*, 102(3), 341–360. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.01.001>
- Clark, K. A., Helland, T., Specht, K., Narr, K. L., Manis, F. R., Toga, A. W., & Hugdahl, K. (2014). Neuroanatomical precursors of dyslexia identified from pre-reading through to age 11. *Brain*, 137(12), 3136–3141. <https://doi.org/10.1093/brain/awu229>
- Clifton, C., Staub, A., & Rayner, K. (2007). Eye movements in reading words and sentences. In R. P. G. van Gompel, M. H. Fischer, W. S. Murray, & R. I. Hill (Eds.), *Eye Movements* (Elsevier, pp. 341–371). Oxford. <https://doi.org/10.1016/B978-008044980-7/50017-3>
- Coch, D. (2018). A Picture Is Worth... Both Spelling and Sound. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01490>
- Coch, D., & Mitra, P. (2010). Word and pseudoword superiority effects reflected in the ERP waveform. *Brain Research*, 1329, 159–174. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.02.084>
- Coco, M. I., Araújo, S., & Petersson, K. M. (2017). Disentangling stimulus plausibility and contextual congruency: Electro-physiological evidence for differential cognitive dynamics. *Neuropsychologia*, 96, 150–163. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.12.008>

- Cohen-Mimran, R., & Sapir, S. (2007). Deficits in working memory in young adults with reading disabilities. *Journal of Communication Disorders*, *40*(2), 168–183. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.06.006>
- Cohen, A. L., & Staub, A. (2015). Within-subject consistency and between-subject variability in Bayesian reasoning strategies. *Cognitive Psychology*, *81*, 26–47. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2015.08.001>
- Colé, P., Pynte, J., & Andriamamonjy, P. (2003). Effect of grammatical gender on visual word recognition: Evidence from lexical decision and eye movement experiments. *Perception & Psychophysics*, *65*(3), 407–419. <https://doi.org/10.3758/BF03194572>
- Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. In G. Underwood (Ed.), *Strategies of information processing* (pp. 151–216). London: Academic Press.
- Coltheart, M. (2005). Modeling Reading: The Dual-Route Approach. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 6–23). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757642.ch1>
- Coltheart, M. (2006). Dual route and connectionist models of reading: an overview. *London Review of Education*, *4*(1), 5–17. <https://doi.org/10.1080/13603110600574322>
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, *100*(4), 589–608. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.4.589>
- Coltheart, M., & Leahy, J. (1996). Assessment of Lexical and Nonlexical Reading Abilities in Children: Some Normative Data. *Australian Journal of Psychology*, *48*(3), 136–140. <https://doi.org/10.1080/00049539608259520>
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. C. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, *108*(1), 204–56. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11212628>
- Cone, N. E., Burman, D. D., Bitan, T., Bolger, D. J., & Booth, J. R. (2008). Developmental changes in brain regions involved in phonological and orthographic processing during spoken language processing. *NeuroImage*, *41*(2), 623–635. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.02.055>
- Corkett, J. K., & Parrila, R. (2008). Use of context in the word recognition process by adults with a significant history of reading difficulties. *Annals of Dyslexia*, *58*(2), 139–161. <https://doi.org/10.1007/s11881-008-0018-1>
- Cornelissen, P. L., Kringelbach, M. L., Ellis, A. W., Whitney, C., Holliday, I. E., & Hansen, P. C. (2009). Activation of the Left Inferior Frontal Gyrus in the First 200 ms of Reading: Evidence from Magnetoencephalography (MEG). *PLoS ONE*, *4*(4), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005359>
- Cortese, M. J., & Simpson, G. B. (2000). Regularity effects in word naming: What are they? *Memory & Cognition*, *28*(8), 1269–1276. <https://doi.org/10.3758/BF03211827>
- Cox, C. R., Seidenberg, M. S., & Rogers, T. T. (2015). Connecting functional brain imaging and Parallel Distributed Processing. *Language, Cognition and Neuroscience*, *30*(4), 380–394. <https://doi.org/10.1080/23273798.2014.994010>
- Cutler, A., Treiman, R., & van Ooijen, B. (2010). Strategic Deployment of Orthographic Knowledge in Phoneme Detection. *Language and Speech*, *53*(3), 307–320. <https://doi.org/10.1177/0023830910371445>
- Cutter, M. G., Drieghe, D., & Liversedge, S. P. (2018). Reading sentences of uniform word length – II: Very rapid adaptation of the preferred saccade length. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(4), 1435–1440. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1473-2>
- Dahan, D., & Tanenhaus, M. K. (2004). Continuous Mapping From Sound to Meaning in Spoken-Language Comprehension: Immediate Effects of Verb-Based Thematic Constraints. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *30*(2), 498–513. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.498>
- Dambacher, M. (2010). *Bottom-up and top-down processes in reading: Influences of frequency and predictability on event-related potentials and eye movements*. Universitätsverlag Potsdam, Potsdam. Retrieved from <https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/4105/file/pcss01.pdf>
- Dambacher, M., & Kliegl, R. (2007). Synchronizing timelines: Relations between fixation durations and N400 amplitudes during sentence reading. *Brain Research*, *1155*(1), 147–162. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.04.027>
- Damian, M. F., & Bowers, J. S. (2010). Orthographic effects in rhyme monitoring tasks: Are they automatic? *European Journal of Cognitive Psychology*, *22*(1), 106–116. <https://doi.org/10.1080/09541440902734263>
- Damper, R. I., & Marchand, Y. (2000). Pronunciation by analogy in normal and impaired readers. In *Proceedings of CoNLL-2000 and LLL-2000* (Vol. 7, pp. 13–18). Lisbon, Portugal: Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.3115/1117601.1117606>

- Daneman, M., & Reingold, E. M. (1993). What eye fixations tell us about phonological recoding during reading. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, *47*(2), 153–178. <https://doi.org/10.1037/h0078818>
- Davidson, D. J., & Indefrey, P. (2007). An inverse relation between event-related and time–frequency violation responses in sentence processing. *Brain Research*, *1158*(1), 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.04.082>
- Davies, R. A. I., & Weekes, B. S. (2005). Effects of feedforward and feedback consistency on reading and spelling in dyslexia. *Dyslexia*, *11*(4), 233–252. <https://doi.org/10.1002/dys.307>
- Deacon, S. H., Cook, K., & Parrila, R. (2012). Identifying high-functioning dyslexics: is self-report of early reading problems enough? *Annals of Dyslexia*, *62*(2), 120–134. <https://doi.org/10.1007/s11881-012-0068-2>
- Dehaene-Lambertz, G., Hertz-Pannier, L., Dubois, J., Meriaux, S., Roche, A., Sigman, M., & Dehaene, S. (2006). Functional organization of perisylvian activation during presentation of sentences in preverbal infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(38), 14240–14245. <https://doi.org/10.1073/pnas.0606302103>
- Dehaene, S. (2005). Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The “neuronal recycling” hypothesis. In S. Dehaene, J. R. Duhamej, M. D. Hauser, & G. Rizzolatti (Eds.), *From Monkey Brain to Human Brain* (pp. 133–157). Cambridge, MA, US: MIT Press.
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the Brain: The Science and Evolution of a Human Invention*. (S. Dehaene, Ed.). New-York: Penguin Group.
- Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J., & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience*, *16*(4), 234–244. <https://doi.org/10.1038/nrn3924>
- Dehaene, S., & Dehaene-Lambertz, G. (2016). Is the brain prewired for letters? *Nature Neuroscience*, *19*(9), 1192–1193. <https://doi.org/10.1038/nn.4369>
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Filho, G. N., Jobert, A., ... 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>
- DeLong, K. A., Quante, L., & Kutas, M. (2014). Predictability, plausibility, and two late ERP positivities during written sentence comprehension. *Neuropsychologia*, *61*(1), 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.06.016>
- DeLong, K. A., Urbach, T. P., & Kutas, M. (2005). Probabilistic word pre-activation during language comprehension inferred from electrical brain activity. *Nature Neuroscience*, *8*(8), 1117–1121. <https://doi.org/10.1038/nn1504>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, *134*, 9–21.
- Démonet, J.-F., Chollet, F., Ramsay, S., Cardebat, D., Nespoulous, J.-L., Wise, R. G., ... Frackowiak, R. S. J. (1992). The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects. *Brain*, *115*(6), 1753–1768. <https://doi.org/10.1093/brain/115.6.1753>
- Demoulin, C., & Kolinsky, R. (2016). Does learning to read shape verbal working memory? *Psychonomic Bulletin & Review*, *23*(3), 703–722. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0956-7>
- Desroches, A. S., Cone, N. E., Bolger, D. J., Bitan, T., Burman, D. D., & Booth, J. R. (2010). Children with reading difficulties show differences in brain regions associated with orthographic processing during spoken language processing. *Brain Research*, *1356*, 73–84. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.07.097>
- Desroches, A. S., Newman, R. L., & Joanisse, M. F. (2009). Investigating the time course of spoken word recognition: electrophysiological evidence for the influences of phonological similarity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*, 1893–1906. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.21142>
- Devlin, J. T., Matthews, P. M., & Rushworth, M. F. S. (2003). Semantic Processing in the Left Inferior Prefrontal Cortex: A Combined Functional Magnetic Resonance Imaging and Transcranial Magnetic Stimulation Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*(1), 71–84. <https://doi.org/10.1162/089892903321107837>
- Dial, H., & Martin, R. C. (2017). Evaluating the relationship between sublexical and lexical processing in speech perception: Evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, *96*, 192–212. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.009>
- Dien, J. (2009). The neurocognitive basis of reading single words as seen through early latency ERPs: A model of converging pathways. *Biological Psychology*, *80*(1), 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.04.013>
- Dijkstra, T., Roelofs, A., & Fieuw, S. (1995). Orthographic effects on phoneme monitoring. *Canadian Journal of*

- Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 49(2), 264–271. <https://doi.org/10.1037/1196-1961.49.2.264>
- Dimigen, O., Sommer, W., Dambacher, M., & Kliegl, R. (2008). Simultaneous recording of eye movements and ERPs indicates an early access to word meaning in natural, left-to-right reading. *International Journal of Psychology*, 43, 47.
- Dimigen, O., Sommer, W., Hohlfeld, A., Jacobs, A. M., & Kliegl, R. (2011). Coregistration of eye movements and EEG in natural reading: Analyses and review. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(4), 552–572. <https://doi.org/10.1037/a0023885>
- Dole, M., Hoen, M., & Meunier, F. (2012). Speech-in-noise perception deficit in adults with dyslexia: Effects of background type and listening configuration. *Neuropsychologia*, 50(7), 1543–1552. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.03.007>
- Dole, M., Meunier, F., & Hoen, M. (2014). Functional correlates of the speech-in-noise perception impairment in dyslexia: An MRI study. *Neuropsychologia*, 60(1), 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.05.016>
- Donchin, E. (1981). Surprise!? Surprise? *Psychophysiology*, 18(5), 493–513. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb01815.x>
- Donnenwerth-Nolan, S., Tanenhaus, M. K., & Seidenberg, M. S. (1981). Multiple code activation in word recognition: Evidence from rhyme monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 7(3), 170–180. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.7.3.170>
- Drijvers, L., Mulder, K., & Ernestus, M. (2016). Alpha and gamma band oscillations index differential processing of acoustically reduced and full forms. *Brain and Language*, 153–154, 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.01.003>
- Dufor, O., Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., & Démonet, J.-F. (2007). Top-down processes during auditory phoneme categorization in dyslexia: A PET study. *NeuroImage*, 34(4), 1692–1707. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.10.034>
- Dufor, O., Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., & Démonet, J.-F. (2009). Left premotor cortex and allophonic speech perception in dyslexia: A PET study. *NeuroImage*, 46(1), 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.01.035>
- Dufour, S., Brunellière, A., & Frauenfelder, U. H. (2013). Tracking the Time Course of Word-Frequency Effects in Auditory Word Recognition With Event-Related Potentials. *Cognitive Science*, 37(3), 489–507. <https://doi.org/10.1111/cogs.12015>
- Dunlop, P. (1972). Dyslexia: The orthoptic approach. *Australian Journal of Orthoptics*, 12, 16–20.
- Dunn, L. M., & Dunn, L. M. (1981). *Peabody Picture Vocabulary Test – Revised: Manual for Forms L and M* (Circle Pin). MN, American Guidance Services.
- Dunn, L. M., Theriault-Whalen, C. M., & Dunn, L. M. (1993). *Echelle de vocabulaire en image Peabody* (Psychan). Toronto.
- Dyck, M., & Brodeur, M. B. (2015). ERP evidence for the influence of scene context on the recognition of ambiguous and unambiguous objects. *Neuropsychologia*, 72, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.04.023>
- Ehri, L. C. (2008). Development of Sight Word Reading: Phases and Findings. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 135–154). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757642.ch8>
- Ehri, L. C. (2014). Orthographic Mapping in the Acquisition of Sight Word Reading, Spelling Memory, and Vocabulary Learning. *Scientific Studies of Reading*, 18(1), 5–21. <https://doi.org/10.1080/10888438.2013.819356>
- Ehri, L. C., & Wilce, L. S. (1980). The influence of orthography on readers' conceptualization of the phonemic structure of words. *Applied Psycholinguistics*, 1(04), 371. <https://doi.org/10.1017/S0142716400009802>
- Ehrlich, S. F., & Rayner, K. (1981). Contextual effects on word perception and eye movements during reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20(6), 641–655. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(81\)90220-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(81)90220-6)
- Elbro, C., & Arnbak, E. (1996). The role of morpheme recognition and morphological awareness in dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 46(1), 209–240. <https://doi.org/10.1007/BF02648177>
- Elbro, C., Nielsen, I., & Petersen, D. K. (1994). Dyslexia in adults: Evidence for deficits in non-word reading and in the phonological representation of lexical items. *Annals of Dyslexia*, 44(1), 203–226. <https://doi.org/10.1111/J.1471-3802.2005.00035.x>

- Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E. M., & Kliegl, R. (2005). Swift: A dynamical model of saccade generation during reading. *Psychological Review*, *112*(4), 777–813. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.112.4.777>
- Engel, A. K., & Fries, P. (2010). Beta-band oscillations—signalling the status quo? *Current Opinion in Neurobiology*, *20*(2), 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2010.02.015>
- Ernestus, M. (2013). *Halve woorden*. The Netherlands: Rabdoud Universiteit Nijmegen.
- Ernestus, M. (2014). Acoustic reduction and the roles of abstractions and exemplars in speech processing. *Lingua*, *142*, 27–41. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2012.12.006>
- Fayol, M. (2017). *L'acquisition de l'écrit*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Federmeier, K. D. (2007). Thinking ahead: The role and roots of prediction in language comprehension. *Psychophysiology*, *44*(4), 491–505. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00531.x>
- Felton, R. H., Naylor, C. E., & Wood, F. B. (1990). Neuropsychological profile of adult dyslexics. *Brain and Language*, *39*(4), 485–497. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(90\)90157-C](https://doi.org/10.1016/0093-934X(90)90157-C)
- Ferguson, H. J., & Sanford, A. J. (2008). Anomalies in real and counterfactual worlds: An eye-movement investigation. *Journal of Memory and Language*, *58*(3), 609–626. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.06.007>
- Fernandes, T., Vale, A. P., Martins, B., Morais, J., & Kolinsky, R. (2014). The deficit of letter processing in developmental dyslexia: combining evidence from dyslexics, typical readers and illiterate adults. *Developmental Science*, *17*(1), 125–141. <https://doi.org/10.1111/desc.12102>
- Ferrand, L., & Grainger, J. (1992). Phonology and Orthography in Visual Word Recognition: Evidence from Masked Non-Word Priming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *45*(3), 353–372. <https://doi.org/10.1080/02724989208250619>
- Ferrand, L., & Grainger, J. (1993). The time course of orthographic and phonological code activation in the early phases of visual word recognition. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *31*(2), 119–122. <https://doi.org/10.3758/BF03334157>
- Ferrand, L., & Grainger, J. (1994). Effects of orthography are independent of phonology in masked form priming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, *47*(2), 365–382. <https://doi.org/10.1080/14640749408401116>
- Fiez, J. A., Balota, D. A., Raichle, M. E., & Petersen, S. E. (1999). Effects of lexicality, frequency, and spelling-to-sound consistency on the functional anatomy of reading. *Neuron*, *24*(1), 205–18. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10677038>
- Finkbeiner, M., Coltheart, M., & Coltheart, V. (2014). Pointing the way to new constraints on the dynamical claims of computational models. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *40*(1), 172–185. <https://doi.org/10.1037/a0033169>
- Fischer, F. W., Liberman, I. Y., & Shankweiler, D. P. (1978). Reading reversals and developmental dyslexia: a further study. *Cortex*, *14*(4), 496–510. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/738060>
- Fletcher, J. M., Foorman, B. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (1999). Conceptual and methodological issues in dyslexia research: A lesson for developmental disorders. In H. Tager-Flusberg (Ed.), *Developmental cognitive neuroscience. Neurodevelopmental disorders* (pp. 271–305). Cambridge, MA, US: The MIT Press. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/record/1999-02884-011>
- Flowers, D. L. (1993). Brain Basis for Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, *26*(9), 575–582. <https://doi.org/10.1177/002221949302600903>
- Forster, K. I. (1981). Priming and the Effects of Sentence and Lexical Contexts on Naming Time: Evidence for Autonomous Lexical Processing. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *33*(4), 465–495. <https://doi.org/10.1080/14640748108400804>
- Foxe, J. J., & Snyder, A. C. (2011). The Role of Alpha-Band Brain Oscillations as a Sensory Suppression Mechanism during Selective Attention. *Frontiers in Psychology*, *2*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00154>
- Frauenfelder, U. H., Segui, J., & Dijkstra, T. (1990). Lexical effects in phonemic processing: facilitatory or inhibitory. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *16*(1), 77–91. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.16.1.77>
- Frey, A., François, C., Chobert, J., Besson, M., & Ziegler, J. C. (2018). Behavioral and electrophysiological investigation of speech perception deficits in silence, noise and envelope conditions in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, (In Press), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.07.033>
- Friedrich, C. K., Eulitz, C., & Lahiri, A. (2006). Not every pseudoword disrupts word recognition: an ERP study. *Behavioral and Brain Functions: BBF*, *2*(1), 36. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-2-36>
- Frisson, S., Harvey, D. R., & Staub, A. (2017). No prediction error cost in reading: Evidence from eye

- movements. *Journal of Memory and Language*, 95, 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.04.007>
- Frisson, S., Koole, H., Hughes, L., Olson, A., & Wheeldon, L. (2014). Competition between orthographically and phonologically similar words during sentence reading: Evidence from eye movements. *Journal of Memory and Language*, 73(1), 148–173. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2014.03.004>
- Frisson, S., Rayner, K., & Pickering, M. J. (2005). Effects of Contextual Predictability and Transitional Probability on Eye Movements During Reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(5), 862–877. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.5.862>
- Frith, U. (1998). Literally changing the brain. *Brain*, 121(6), 1011–1012. <https://doi.org/10.1093/brain/121.6.1011>
- Frost, R. (1998). Toward a Strong Phonological Theory of Visual Word Recognition: True Issues and False Trails. *Psychological Bulletin*, 123(1), 71–99. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.123.1.71>
- Frost, S. J., Einar Mencl, W., Sandak, R., Moore, D. L., Rueckl, J. G., Katz, L., ... Pugh, K. R. (2005). A functional magnetic resonance imaging study of the tradeoff between semantics and phonology in reading aloud. *NeuroReport*, 16(6), 621–624. <https://doi.org/10.1097/00001756-200504250-00021>
- Froyen, D. J. W., Willems, G., & Blomert, L. (2011). Evidence for a specific cross-modal association deficit in dyslexia: an electrophysiological study of letter-speech sound processing. *Developmental Science*, 14(4), 635–648. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.01007.x>
- Gallagher, A. M., Laxon, V., Armstrong, E., & Frith, U. (1996). Phonological difficulties in high-functioning dyslexics. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 8, 499–509.
- Ganong, W. F. (1980). Phonetic categorization in auditory word perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6(1), 110–125. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.6.1.110>
- Gaskell, M. G., & Marslen-Wilson, W. D. (2002). Representation and competition in the perception of spoken words. *Cognitive Psychology*, 45, 220–266. [https://doi.org/10.1016/S0010-0285\(02\)00003-8](https://doi.org/10.1016/S0010-0285(02)00003-8)
- Georgiou, G. K., Ghazyani, R., & Parrila, R. (2018). Are RAN deficits in university students with dyslexia due to defective lexical access, impaired anchoring, or slow articulation? *Annals of Dyslexia*, 68(2), 85–103. <https://doi.org/10.1007/s11881-018-0156-z>
- Georgiou, G. K., Parrila, R., Cui, Y., & Papadopoulos, T. C. (2013). Why is rapid automatized naming related to reading? *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(1), 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.10.015>
- Gigandet, M. (1994). L'apport de la coarticulation dans la perception de consonnes occlusives et constrictives. *Travaux Neuchâtelois de Linguistique*, 21, 21–34.
- Goody, J. (1977). Mémoire et apprentissage dans les sociétés avec et sans écriture: la transmission du Bagre. *L'Homme*, 17(1), 29–52. <https://doi.org/10.3406/hom.1977.367717>
- Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(1), 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.10.001>
- Goswami, U., & Bryant, P. (1990). *Essays in developmental psychology series. Phonological skills and learning to read.* (U. Goswami & P. Bryant, Eds.) (Lawrence Erlbaum). Hillsdale, NJ.
- Gow, D. W. (2012). The cortical organization of lexical knowledge: A dual lexicon model of spoken language processing. *Brain and Language*, 121(3), 273–288. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.03.005>
- Grainger, J., & Ferrand, L. (1994). Phonology and Orthography in Visual Word Recognition: Effects of Masked Homophone Prims. *Journal of Memory and Language*, 33(2), 218–233. <https://doi.org/10.1006/jmla.1994.1011>
- Grainger, J., & Ferrand, L. (1996). Masked Orthographic and Phonological Priming in Visual Word Recognition and Naming: Cross-Task Comparisons. *Journal of Memory and Language*, 35(5), 623–647. <https://doi.org/10.1006/jmla.1996.0033>
- Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2009a). An ERP investigation of orthographic priming with relative-position and absolute-position primes. *Brain Research*, 1270, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.02.080>
- Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2009b). Watching the Word Go by: On the Time-course of Component Processes in Visual Word Recognition. *Language and Linguistics Compass*, 3(1), 128–156. <https://doi.org/10.1111/j.1749-818X.2008.00121.x>
- Grainger, J., Kiyonaga, K., & Holcomb, P. J. (2006). The Time Course of Orthographic and Phonological Code Activation. *Psychological Science*, 17(12), 1021–1026. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01821.x>
- Grainger, J., Lété, B., Bertrand, D., Dufau, S., & Ziegler, J. C. (2012). Evidence for multiple routes in learning to read. *Cognition*, 123(2), 280–292. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.01.003>
- Grainger, J., Muneaux, M., Farioli, F., & Ziegler, J. C. (2005). Effects of phonological and orthographic neighbourhood density interact in visual word recognition. *The Quarterly Journal of Experimental*

- Psychology Section A*, 58(6), 981–998. <https://doi.org/10.1080/02724980443000386>
- Grainger, J., & Ziegler, J. C. (2007). Cross-code consistency effects in visual word recognition. In E. L. Grigorenko & A. Naples (Eds.), *Single-word reading: Biological and behavioral perspectives* (1st ed., pp. 129–157). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Grainger, J., & Ziegler, J. C. (2008). Cross-code consistency effects in visual word recognition. In E. L. Grigorenko & A. Naples (Eds.), *Single-word reading: Biological and behavioral perspectives* (pp. 129–157). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Graves, W. W., Binder, J. R., Desai, R. H., Humphries, C., Stengel, B. C., & Seidenberg, M. S. (2014). Anatomy is strategy: Skilled reading differences associated with structural connectivity differences in the reading network. *Brain and Language*, 133, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.03.005>
- Graves, W. W., Desai, R., Humphries, C., Seidenberg, M. S., & Binder, J. R. (2010). Neural systems for reading aloud: A multiparametric approach. *Cerebral Cortex*, 20(8), 1799–1815. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp245>
- Grinband, J., Hirsch, J., & Ferrera, V. P. (2006). A Neural Representation of Categorization Uncertainty in the Human Brain. *Neuron*, 49(5), 757–763. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.01.032>
- Grinband, J., Savitskaya, J., Wager, T. D., Teichert, T., Ferrera, V. P., & Hirsch, J. (2011). The dorsal medial frontal cortex is sensitive to time on task, not response conflict or error likelihood. *NeuroImage*, 57(2), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.12.027>
- Guttentag, R. E., & Haith, M. M. (1978). Automatic Processing as a Function of Age and Reading Ability. *Child Development*, 49(3), 707. <https://doi.org/10.2307/1128239>
- Hagoort, P. (2004). Integration of Word Meaning and World Knowledge in Language Comprehension. *Science*, 304(5669), 438–441. <https://doi.org/10.1126/science.1095455>
- Hagoort, P. (2016). MUC (Memory, Unification, Control): A Model on the Neurobiology of Language Beyond Single Word Processing. In G. Hickok & S. Small (Eds.), *Neurobiology of Language* (pp. 339–347). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00028-6>
- Hagoort, P. (2017). The neural basis for primary and acquired language skills. In E. Segers & P. Van den Broek (Eds.), *Developmental Perspectives in Written Language and Literacy* (pp. 17–28). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/z.206.02hag>
- Hald, L. A., Bastiaansen, M. C. M., & Hagoort, P. (2006). EEG theta and gamma responses to semantic violations in online sentence processing. *Brain and Language*, 96(1), 90–105. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.06.007>
- Hallé, P. A., Chéreau, C., & Segui, J. (2000). Where Is the /b/ in “absurde” [apsyrd]? It Is in French Listeners’ Minds. *Journal of Memory and Language*, 43(4), 618–639. <https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2718>
- Hanslmayr, S., Staresina, B. P., & Bowman, H. (2016). Oscillations and Episodic Memory: Addressing the Synchronization/Desynchronization Conundrum. *Trends in Neurosciences*, 39(1), 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.11.004>
- Hanslmayr, S., Staudigl, T., & Fellner, M.-C. (2012). Oscillatory power decreases and long-term memory: the information via desynchronization hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00074>
- Harm, M. W., & Seidenberg, M. S. (1999). Phonology, Reading Acquisition, and Dyslexia: Insights from Connectionist Models. *Psychological Review*, 106(3), 491–528. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.106.3.491>
- Harm, M. W., & Seidenberg, M. S. (2004). Computing the Meanings of Words in Reading: Cooperative Division of Labor Between Visual and Phonological Processes. *Psychological Review*, 111(3), 662–720. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.111.3.662>
- Hatcher, J., Snowling, M. J., & Griffiths, Y. M. (2002). Cognitive assessment of dyslexic students in higher education. *The British Journal of Educational Psychology*, 72, 119–133. <https://doi.org/10.1348/000709902158801>
- Hawelka, S., Gagl, B., & Wimmer, H. (2010). A dual-route perspective on eye movements of dyslexic readers. *Cognition*, 115(3), 367–379. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.11.004>
- Hazan, V., Messaoud-Galusi, S., & Rosen, S. (2013). The Effect of Talker and Intonation Variability on Speech Perception in Noise in Children With Dyslexia. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 56(1), 44. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2012/10-0107](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012/10-0107)
- Hazan, V., Messaoud-Galusi, S., Rosen, S., Nouwens, S., & Shakespeare, B. (2009). Speech Perception Abilities of Adults With Dyslexia: Is There Any Evidence for a True Deficit? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(6), 1510–1529. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0220](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0220)

- Helenius, P., Parviainen, T., Paetau, R., & Salmelin, R. (2009). Neural processing of spoken words in specific language impairment and dyslexia. *Brain*, *132*(7), 1918–1927. <https://doi.org/10.1093/brain/awp134>
- Helenius, P., Tarkiainen, A., Cornelissen, P. L., Hansen, P. C., & Salmelin, R. (1999). Dissociation of normal feature analysis and deficient processing of letter-strings in dyslexic adults. *Cerebral Cortex*, *9*(5), 476–483. <https://doi.org/10.1093/cercor/9.5.476>
- Henderson, J. M., Dixon, P., Petersen, A., Twilley, L. C., & Ferreira, F. (1995). Evidence for the use of phonological representations during transsaccadic word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*(1), 82–97. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.1.82>
- Herbster, A. N., Mintun, M. A., Nebes, R. D., & Becker, J. T. (1997). Regional cerebral blood flow during word and nonword reading. *Human Brain Mapping*, *5*(2), 84–92. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0193\(1997\)5:2<84::AID-HBM2>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0193(1997)5:2<84::AID-HBM2>3.0.CO;2-I)
- Hernandez, N., Andersson, F., Edjlali, M., Hommet, C., Cottier, J. P., Destrieux, C., & Bonnet-Brilhault, F. (2013). Cerebral functional asymmetry and phonological performance in dyslexic adults. *Psychophysiology*, *50*(12), 1226–1238. <https://doi.org/10.1111/psyp.12141>
- Hickok, G. (2012). Computational neuroanatomy of speech production. *Nature Reviews Neuroscience*, *13*(2), 135–145. <https://doi.org/10.1038/nrn3158>
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(4), 131–138. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01463-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01463-7)
- Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, *8*(5), 393–402. <https://doi.org/10.1038/nrn2113>
- Hillis, A. E., & Caramazza, A. (1991). Category-specific naming and comprehension impairment: A double dissociation. *Brain*, *114*(5), 2081–2094. <https://doi.org/10.1093/brain/114.5.2081>
- Hoffman, P., Lambon Ralph, M. A., & Woollams, A. M. (2015). Triangulation of the neurocomputational architecture underpinning reading aloud. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(28), 3719–3728. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502032112>
- Holcomb, P. J., & Neville, H. J. (1990). Auditory and Visual Semantic Priming in Lexical Decision: A Comparison Using Event-related Brain Potentials. *Language and Cognitive Processes*, *5*(4), 281–312. <https://doi.org/10.1080/01690969008407065>
- Horowitz-Kraus, T., Wang, Y., Plante, E., & Holland, S. K. (2014). Involvement of the right hemisphere in reading comprehension: A DTI study. *Brain Research*, *1582*, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.05.034>
- Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, *50*(3), 346–363.
- Howland, K. A., & Liederman, J. (2013). Beyond Decoding: Adults With Dyslexia Have Trouble Forming Unified Lexical Representations Across Pseudoword Learning Episodes. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, *56*, 1009–1022. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2012/11-0252\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012/11-0252))
- Huettig, F. (2015). Four central questions about prediction in language processing. *Brain Research*, *1626*, 118–135. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.02.014>
- Huettig, F., & Altmann, G. T. M. (2005). Word meaning and the control of eye fixation: semantic competitor effects and the visual world paradigm. *Cognition*, *96*(1), B23–B32. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.10.003>
- Huettig, F., & Brouwer, S. (2015). Delayed Anticipatory Spoken Language Processing in Adults with Dyslexia—Evidence from Eye-tracking. *Dyslexia*, *21*(2), 97–122. <https://doi.org/10.1002/dys.1497>
- Huettig, F., Kolinsky, R., & Lachmann, T. (2018). The culturally co-opted brain: how literacy affects the human mind. *Language, Cognition and Neuroscience*, *33*(3), 275–277. <https://doi.org/10.1080/23273798.2018.1425803>
- Huettig, F., Lachmann, T., Reis, A., & Petersson, K. M. (2018). Distinguishing cause from effect – many deficits associated with developmental dyslexia may be a consequence of reduced and suboptimal reading experience. *Language, Cognition and Neuroscience*, *33*(3), 333–350. <https://doi.org/10.1080/23273798.2017.1348528>
- Huettig, F., Rommers, J., & Meyer, A. S. (2011). Using the visual world paradigm to study language processing: A review and critical evaluation. *Acta Psychologica*, *137*(2), 151–171. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.11.003>
- Huettig, F., Singh, N., & Mishra, R. K. (2011). Language-Mediated Visual Orienting Behavior in Low and High Literates. *Frontiers in Psychology*, *2*, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00285>

- Hunter, C. R. (2013). Early effects of neighborhood density and phonotactic probability of spoken words on event-related potentials. *Brain and Language*, *127*(3), 463–474. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.09.006>
- Hunter, C. R. (2016). Is the time course of lexical activation and competition in spoken word recognition affected by adult aging? An event-related potential (ERP) study. *Neuropsychologia*, *91*, 451–464. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.09.007>
- Inhoff, A. W., & Topolski, R. (1994). Use of Phonological Codes during Eye Fixations in Reading and in On-Line and Delayed Naming Tasks. *Journal of Memory and Language*, *33*(5), 689–713. <https://doi.org/10.1006/jmla.1994.1033>
- Jackendoff, R. (2002). *Foundations of Language* (1st ed.). New York: Oxford University Press.
- Jainta, S., & Kapoula, Z. (2011). Dyslexic Children Are Confronted with Unstable Binocular Fixation while Reading. *PLoS ONE*, *6*(4), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018694>
- Janse, E., de Bree, E., & Brouwer, S. (2010). Decreased Sensitivity to Phonemic Mismatch in Spoken Word Processing in Adult Developmental Dyslexia. *Journal of Psycholinguistic Research*, *39*(6), 523–539. <https://doi.org/10.1007/s10936-010-9150-2>
- Jared, D. (1997). Spelling–Sound Consistency Affects the Naming of High-Frequency Words. *Journal of Memory and Language*, *36*(4), 505–529. <https://doi.org/10.1006/jmla.1997.2496>
- Jared, D. (2002). Spelling-Sound Consistency and Regularity Effects in Word Naming. *Journal of Memory and Language*, *46*(4), 723–750. <https://doi.org/10.1006/jmla.2001.2827>
- Jared, D., Levy, B. A., & Rayner, K. (1999). The role of phonology in the activation of word meanings during reading: evidence from proofreading and eye movements. *Journal of Experimental Psychology: General*, *128*(3), 219–264. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.128.3.219>
- Jared, D., McRae, K., & Seidenberg, M. S. (1990). The basis of consistency effects in word naming. *Journal of Memory and Language*, *29*, 687–715.
- Jared, D., & Seidenberg, M. S. (1991). Does word identification proceed from spelling to sound to meaning? *Journal of Experimental Psychology: General*, *120*(4), 358–394. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.120.4.358>
- Jensen, O., & Mazaheri, A. (2010). Shaping Functional Architecture by Oscillatory Alpha Activity: Gating by Inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience*, *4*(186), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00186>
- Johns, C. L., Jahn, A. A., Jones, H. R., Kush, D., Molfese, P. J., Van Dyke, J. A., ... Braze, D. (2018). Individual differences in decoding skill, print exposure, and cortical structure in young adults. *Language, Cognition and Neuroscience*, (In Press), 1–21. <https://doi.org/10.1080/23273798.2018.1476727>
- Johnson, K. (2004). Massive reduction in conversational American English. In K. Yoneyama & K. Maekawa (Eds.), *Proceedings of the Workshop on Spontaneous Speech: Data and Analysis* (pp. 29–54). Tokyo (Japan): The National International Institute for Japanese Language. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=77FFE3C22602F55D083CAB7CA669DB0E?doi=10.1.1.142.5012&rep=rep1&type=pdf>
- Jokisch, D., & Jensen, O. (2007). Modulation of Gamma and Alpha Activity during a Working Memory Task Engaging the Dorsal or Ventral Stream. *Journal of Neuroscience*, *27*(12), 3244–3251. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5399-06.2007>
- Jones, M. W., Ashby, J., & Branigan, H. P. (2013). Dyslexia and fluency: Parafoveal and foveal influences on rapid automatized naming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *39*(2), 554–567. <https://doi.org/10.1037/a0029710>
- Jones, M. W., Kuipers, J.-R., & Thierry, G. (2016). ERPs Reveal the Time-Course of Aberrant Visual-Phonological Binding in Developmental Dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, 71. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00071>
- Jones, M. W., Obregón, M., Kelly, M. L., & Branigan, H. P. (2008). Elucidating the component processes involved in dyslexic and non-dyslexic reading fluency: An eye-tracking study. *Cognition*, *109*(3), 389–407. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.10.005>
- Joseph, H. S. S. L., Liversedge, S. P., Blythe, H. I., White, S. J., & Rayner, K. (2009). Word length and landing position effects during reading in children and adults. *Vision Research*, *49*(16), 2078–2086. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.05.015>
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Macmillan.
- Kaiser, E., & Trueswell, J. (2004). The role of discourse context in the processing of a flexible word-order language. *Cognition*, *94*(2), 113–147. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.01.002>
- Kamide, Y., Altmann, G. T. M., & Haywood, S. L. (2003). The time-course of prediction in incremental sentence processing: Evidence from anticipatory eye movements. *Journal of Memory and Language*, *49*(1), 133–

156. [https://doi.org/10.1016/S0749-596X\(03\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0749-596X(03)00023-8)
- Kast, M., Elmer, S., Jancke, L., & Meyer, M. (2010). ERP differences of pre-lexical processing between dyslexic and non-dyslexic children. *International Journal of Psychophysiology*, 77(1), 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.04.003>
- Kay, J., & Bishop, D. V. M. (1987). Anatomical differences between nose, palm, and foot, or, the body in question: Further dissection of the processes of sub-lexical spelling-sound translation. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and Performance XII: The psychology of reading* (pp. 449–469). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kim, J. S., & Chung, C. K. (2008). Language lateralization using MEG beta frequency desynchronization during auditory oddball stimulation with one-syllable words. *NeuroImage*, 42(4), 1499–1507. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.06.001>
- Kirkby, J. A., Webster, L. A. D., Blythe, H. I., & Liversedge, S. P. (2008). Binocular coordination during reading and non-reading tasks. *Psychological Bulletin*, 134(5), 742–763. <https://doi.org/10.1037/a0012979>
- Kliegl, R., Dambacher, M., Dimigen, O., Jacobs, A. M., & Sommer, W. (2012). Eye movements and brain electric potentials during reading. *Psychological Research*, 76(2), 145–158. <https://doi.org/10.1007/s00426-011-0376-x>
- Kliegl, R., Grabner, E., Rolfs, M., & Engbert, R. (2004). Length, frequency, and predictability effects of words on eye movements in reading. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(1–2), 262–284. <https://doi.org/10.1080/09541440340000213>
- Kocagoncu, E., Clarke, A., Devereux, B. J., & Tyler, L. K. (2016). Decoding the Cortical Dynamics of Sound-Meaning Mapping. *The Journal of Neuroscience*, 37(5), 1312–1319. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2858-16.2016>
- Kretzschmar, F., Bornkessel-Schlesewsky, I., & Schlewsky, M. (2009). Parafoveal versus foveal N400s dissociate spreading activation from contextual fit. *NeuroReport*, 20(18), 1613–1618. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e328332c4f4>
- Kretzschmar, F., Schlewsky, M., & Staub, A. (2015). Dissociating word frequency and predictability effects in reading: Evidence from coregistration of eye movements and EEG. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(6), 1648–1662. <https://doi.org/10.1037/xlm0000128>
- Kronbichler, M., Bergmann, J., Hutzler, F., Staffen, W., Mair, A., Ladurner, G., & Wimmer, H. (2007). Taxi vs. Taksi: On Orthographic Word Recognition in the Left Ventral Occipitotemporal Cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(10), 1584–1594. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.10.1584>
- Kukona, A., Braze, D., Johns, C. L., Mencl, W. E., Van Dyke, J. A., Magnuson, J. S., ... Tabor, W. (2016). The real-time prediction and inhibition of linguistic outcomes: Effects of language and literacy skill. *Acta Psychologica*, 171, 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2016.09.009>
- Kunert, R., & Scheepers, C. (2014). Speed and accuracy of dyslexic versus typical word recognition: an eye-movement investigation. *Frontiers in Psychology*, 5, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01129>
- Kuperberg, G. R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges to syntax. *Brain Research*, 1146(1), 23–49. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.12.063>
- Kuperman, V., Schreuder, R., Bertram, R., & Baayen, R. H. (2009). Reading polymorphemic Dutch compounds: Toward a multiple route model of lexical processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(3), 876–895. <https://doi.org/10.1037/a0013484>
- Kutas, M., DeLong, K. A., & Smith, N. J. (2011). A Look around at What Lies Ahead: Prediction and Predictability in Language Processing. In *Predictions in the Brain* (pp. 190–207). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195395518.003.0065>
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62(1), 621–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203–205. <https://doi.org/10.1126/science.7350657>
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307, 161–163. <https://doi.org/10.1038/307161a0>
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13). <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>
- Lacruz, I., & Folk, J. R. (2004). Feedforward and feedback consistency effects for high- and low-frequency words in lexical decision and naming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 57(7), 1261–1284. <https://doi.org/10.1080/02724980343000756>

- Lam, N. H. L., Schoffelen, J.-M., Uddén, J., Hultén, A., & Hagoort, P. (2016). Neural activity during sentence processing as reflected in theta, alpha, beta, and gamma oscillations. *NeuroImage*, *142*, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.03.007>
- Lambon Ralph, M. A., & Patterson, K. E. (2008). Acquired Disorders of Reading. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 413–430). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757642.ch22>
- Landerl, K., Frith, U., & Wimmer, H. (1996). Intrusion of orthographic knowledge on phoneme awareness: Strong in normal readers, weak in dyslexic readers. *Applied Psycholinguistics*, *17*(01), 1. <https://doi.org/10.1017/S0142716400009437>
- Law, J. M., Vandermosten, M., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2017). Predicting Future Reading Problems Based on Pre-reading Auditory Measures: A Longitudinal Study of Children with a Familial Risk of Dyslexia. *Frontiers in Psychology*, *8*, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00124>
- Law, J. M., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2015). Morphological Awareness and Its Role in Compensation in Adults with Dyslexia. *Dyslexia*, *21*(3), 254–272. <https://doi.org/10.1002/dys.1495>
- Lefavrais, P. (1965). *Test de l'Alouette* (ECPA). Paris.
- Lefly, D. L., & Pennington, B. F. (1991). Spelling errors and reading fluency in compensated adult dyslexics. *Annals of Dyslexia*, *41*(1), 141–162.
- Lehongre, K., Morillon, B., Giraud, A.-L., & Ramus, F. (2013). Impaired auditory sampling in dyslexia: further evidence from combined fMRI and EEG. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*(454), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00454>
- Lehongre, K., Ramus, F., Villiermet, N., Schwartz, D., & Giraud, A. L. (2011). Altered low-gamma sampling in auditory cortex accounts for the three main facets of dyslexia. *Neuron*, *72*, 1080–1090. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.11.002>
- Leinenger, M. (2014). Phonological coding during reading. *Psychological Bulletin*, *140*(6), 1534–1555. <https://doi.org/10.1037/a0037830>
- Lenth, R. V. (2016). Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *Journal of Statistical Software*, *69*(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v069.i01>
- León-Cabrera, P., Rodríguez-Fornells, A., & Morís, J. (2017). Electrophysiological correlates of semantic anticipation during speech comprehension. *Neuropsychologia*, *99*(March), 326–334. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.02.026>
- Leong, V., Hämäläinen, J., Soltész, F., & Goswami, U. (2011). Rise time perception and detection of syllable stress in adults with developmental dyslexia. *Journal of Memory and Language*, *64*(1), 59–73. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2010.09.003>
- Lesaux, N. K., Pearson, M. R., & Siegel, L. S. (2006). The Effects of Timed and Untimed Testing Conditions on the Reading Comprehension Performance of Adults with Reading Disabilities. *Reading and Writing*, *19*(1), 21–48. <https://doi.org/10.1007/s11145-005-4714-5>
- Lesch, M. F., & Pollatsek, A. (1993). Automatic access of semantic information by phonological codes in visual word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *19*(2), 285–94. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8454962>
- Lesch, M. F., & Pollatsek, A. (1998). Evidence for the use of assembled phonology in accessing the meaning of printed words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *24*(3), 573–592. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.24.3.573>
- Lewis, A. G., & Bastiaansen, M. (2015). A predictive coding framework for rapid neural dynamics during sentence-level language comprehension. *Cortex*, *68*, 155–168. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.02.014>
- Lieberman, P. (2007). The Evolution of Human Speech. *Current Anthropology*, *48*(1), 39–66. <https://doi.org/10.1086/509092>
- Lindgren, S. D., de Renzi, E., & Richman, L. C. (1985). Cross-National Comparisons of Developmental Dyslexia in Italy and the United States. *Child Development*, *56*(6), 1404. <https://doi.org/10.2307/1130460>
- Lobier, M. A., Zoubinetzky, 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>
- Locascio, G., Mahone, E. M., Eason, S. H., & Cutting, L. E. (2010). Executive Dysfunction Among Children With Reading Comprehension Deficits. *Journal of Learning Disabilities*, *43*(5), 441–454. <https://doi.org/10.1177/0022219409355476>
- Lotze, N., Tune, S., Schlesewsky, M., & Bornkessel-Schlesewsky, I. (2011). Meaningful physical changes mediate lexical–semantic integration: Top-down and form-based bottom-up information sources interact

- in the N400. *Neuropsychologia*, 49(13), 3573–3582. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.009>
- Luce, P. A., & Pisoni, D. B. (1998). Recognizing Spoken Words: The Neighborhood Activation Model. *Ear and Hearing*, 19(1), 1–36. <https://doi.org/10.1097/00003446-199802000-00001>
- Lukatela, G., & Turvey, M. T. (1994). Visual lexical access is initially phonological: I. Evidence from associative priming by words, homophones, and pseudohomophones. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(2), 107–128. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.123.2.107>
- Luo, Y., Zhang, Y., Feng, X., & Zhou, X. (2010). Electroencephalogram oscillations differentiate semantic and prosodic processes during sentence reading. *Neuroscience*, 169(2), 654–664. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2010.05.032>
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11881-003-0001-9>
- MacGregor, L. J., Pulvermüller, F., van Casteren, M., & Shtyrov, Y. (2012). Ultra-rapid access to words in the brain. *Nature Communications*, 3(711), 1–7. <https://doi.org/10.1038/ncomms1715>
- Magnuson, J. S., Mirman, D., Luthra, S., Strauss, T., & Harris, H. D. (2018). Interaction in Spoken Word Recognition Models: Feedback Helps. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00369>
- Magnuson, J. S., Tanenhaus, M. K., & Aslin, R. N. (2008). Immediate effects of form-class constraints on spoken word recognition. *Cognition*, 108(3), 866–873. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.06.005>
- Mai, G., Minett, J. W., & Wang, W. S. Y. (2016). Delta, theta, beta, and gamma brain oscillations index levels of auditory sentence processing. *NeuroImage*, 133, 516–528. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.02.064>
- Malins, J. G., Gumkowski, N., Buis, B., Molfese, P., Rueckl, J. G., Frost, S. J., ... Mencl, W. E. (2016). Dough, tough, cough, rough: A “fast” fMRI localizer of component processes in reading. *Neuropsychologia*, 91, 394–406. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.08.027>
- Mancheva, L., Reichle, E. D., Lemaire, B., Valdois, S., Ecalle, J., & Guérin-Dugué, A. (2015). An analysis of reading skill development using E-Z Reader. *Journal of Cognitive Psychology*, 27(5), 657–676. <https://doi.org/10.1080/20445911.2015.1024255>
- Mani, N., & Huettig, F. (2012). Prediction during language processing is a piece of cake—But only for skilled producers. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38(4), 843–847. <https://doi.org/10.1037/a0029284>
- Mani, N., & Huettig, F. (2014). Word reading skill predicts anticipation of upcoming spoken language input: A study of children developing proficiency in reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 126, 264–279. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.05.004>
- Marinelli, C. V., Angelelli, P., Notarnicola, A., & Luzzatti, C. (2009). Do Italian dyslexic children use the lexical reading route efficiently? An orthographic judgment task. *Reading and Writing*, 22(3), 333–351. <https://doi.org/10.1007/s11145-008-9118-x>
- Marinus, E., & de Jong, P. F. (2010). Size does not matter, frequency does: Sensitivity to orthographic neighbors in normal and dyslexic readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(2–3), 129–144. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.01.004>
- Maris, E., & Oostenveld, R. (2007). Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data. *Journal of Neuroscience Methods*, 164(1), 177–190. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2007.03.024>
- Maris, E., Schoffelen, J.-M., & Fries, P. (2007). Nonparametric statistical testing of coherence differences. *Journal of Neuroscience Methods*, 163(1), 161–175. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2007.02.011>
- Marslen-Wilson, W. D. (1984). Function and process in spoken word recognition. In H. Bouma & D. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance: Control of Language Processes* (pp. 125–150). Hillsdale: Erlbaum.
- Marslen-Wilson, W. D. (1987). Functional parallelism in spoken word-recognition. *Cognition*, 25(1–2), 71–102. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(87\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(87)90005-9)
- Marslen-Wilson, W. D. (1990). Activation, Competition, and Frequency in Lexical Access. In G. T. M. Altmann (Ed.), *Cognitive Models of Speech Processing: Psycholinguistic and Computational Perspectives* (pp. 148–172). Cambridge: MIT Press. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=2R7XTlebSF8C&printsec=frontcover%5Cnpapers://5860649b-6292-421d-b3aa-1b17a5231ec5/Paper/p8360>
- Marslen-Wilson, W. D., & Tyler, L. K. (1980). The temporal structure of spoken language understanding. *Cognition*, 8, 1–71. Retrieved from <http://www.speech.kth.se/prod/publications/files/101031.pdf>
- Marslen-Wilson, W. D., & Welsh, A. (1978). Processing interactions and lexical access during word recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10(1), 29–63. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(78\)90018-X](https://doi.org/10.1016/0010-0285(78)90018-X)

- Marslen-Wilson, W. D., & Zwitserlood, P. (1989). Accessing spoken words: The importance of word onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*(3), 576–585. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.15.3.576>
- Martin, B. A., Tremblay, K. L., & Korczak, P. (2008). Speech Evoked Potentials: From the Laboratory to the Clinic. *Ear and Hearing*, *29*(3), 285–313. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181662c0e>
- 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>
- Martin, J., Frauenfelder, U. H., & Colé, P. (2014). Morphological awareness in dyslexic university students. *Applied Psycholinguistics*, *35*(06), 1213–1233. <https://doi.org/10.1017/S0142716413000167>
- Martinez Perez, T., Majerus, S., & Poncelet, M. (2013). Impaired short-term memory for order in adults with dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, *34*(7), 2211–2223. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.04.005>
- Marton, M., Szirtes, J., & Breuer, P. (1985). Electro cortical signs of word categorization in saccade-related brain potentials and visual evoked potentials. *International Journal of Psychophysiology*, *3*(2), 131–144. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(85\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0167-8760(85)90033-9)
- Massaro, D. W., & Cohen, M. M. (1983). Phonological context in speech perception. *Perception & Psychophysics*, *34*(4), 338–348. <https://doi.org/10.3758/BF03203046>
- Massaro, D. W., & Jesse, A. (2005). The Magic of Reading: Too Many Influences for Quick and Easy Explanations. In T. Trabasso, J. Sabatini, D. W. Massaro, & R. C. Calfee (Eds.), *From orthography to pedagogy: Essays in honor of Richard L. Venezky* (pp. 37–61). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Matuschek, H., Kliegl, R., Vasishth, S., Baayen, H., & Bates, D. M. (2017). Balancing Type I error and power in linear mixed models. *Journal of Memory and Language*, *94*, 305–315. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.01.001>
- Maurer, U., Blau, V. C., Yoncheva, Y. N., & McCandliss, B. D. (2010). Development of Visual Expertise for Reading: Rapid Emergence of Visual Familiarity for an Artificial Script. *Developmental Neuropsychology*, *35*(4), 404–422. <https://doi.org/10.1080/87565641.2010.480916>
- Maurer, U., Brem, S., Bucher, K., & Brandeis, D. (2005). Emerging Neurophysiological Specialization for Letter Strings. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(10), 1532–1552. <https://doi.org/10.1162/089892905774597218>
- Maurer, U., Brem, S., Bucher, K., Kranz, F., Benz, R., Steinhausen, H.-C., & Brandeis, D. (2007). Impaired tuning of a fast occipito-temporal response for print in dyslexic children learning to read. *Brain*, *130*(12), 3200–3210. <https://doi.org/10.1093/brain/awm193>
- Maurer, U., & McCandliss, B. D. (2007). The development of visual expertise for words: the contribution of electrophysiology. *Developmental Neuropsychology*, (Unpublished work).
- Maurer, U., Schulz, E., Brem, S., van der Mark, S., Bucher, K., Martin, E., & Brandeis, D. (2011). The development of print tuning in children with dyslexia: Evidence from longitudinal ERP data supported by fMRI. *NeuroImage*, *57*(3), 714–722. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.055>
- McCarthy, R., & Warrington, E. K. (1986). Phonological Reading: Phenomena and Paradoxes. *Cortex*, *22*(3), 359–380. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(86\)80002-8](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(86)80002-8)
- McClelland, J. L. (1999). Vers une convergence entre symbolistes et connexionnistes. In J. F. Dortier (Ed.), *Le cerveau et la pensée: La révolution des sciences cognitives* (pp. 37–38). Paris: éditions S.
- McClelland, J. L. (2013). Integrating probabilistic models of perception and interactive neural networks: a historical and tutorial review. *Frontiers in Psychology*, *4*(503), 1–25. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00503>
- McClelland, J. L., & Elman, J. L. (1986). The TRACE model of speech perception. *Cognitive Psychology*, *18*(1), 1–86. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(86\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0010-0285(86)90015-0)
- McClelland, J. L., Mirman, D., Bolger, D. J., & Khaitan, P. (2014). Interactive Activation and Mutual Constraint Satisfaction in Perception and Cognition. *Cognitive Science*, *38*(6), 1139–1189. <https://doi.org/10.1111/cogs.12146>
- McClelland, J. L., Mirman, D., & Holt, L. (2006). Are there interactive processes in speech perception? *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(8), 363–369. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.06.007>
- McCrory, E. J., Mechelli, A., Frith, U., & Price, C. J. (2005). More than words: A common neural basis for reading and naming deficits in developmental dyslexia? *Brain*, *128*, 261–267. <https://doi.org/10.1093/brain/awh340>
- McDermott, K. B., Petersen, S. E., Watson, J. M., & Ojemann, J. G. (2003). A procedure for identifying regions

- preferentially activated by attention to semantic and phonological relations using functional magnetic resonance imaging. *Neuropsychologia*, 41(3), 293–303. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00162-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00162-8)
- McPherson, W. B., Ackerman, P. T., & Dykman, R. A. (1997). Auditory and Visual Rhyme Judgements Reveal Differences and Similarities Between Normal and Disabled Adolescent Readers. *Dyslexia*, 3(2), 63–77. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0909\(199706\)3:2<63::AID-DYS49>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0909(199706)3:2<63::AID-DYS49>3.0.CO;2-Q)
- McPherson, W. B., Ackerman, P. T., Holcomb, P. J., & Dykman, R. A. (1998). Event-Related Brain Potentials Elicited during Phonological Processing Differentiate Subgroups of Reading Disabled Adolescents. *Brain and Language*, 62(2), 163–185. <https://doi.org/10.1006/brln.1997.1893>
- Mcquade, D. V. (1981). Variable Reliance on Phonological Information in Visual Word Recognition. *Language and Speech*, 24(1), 99–109. <https://doi.org/10.1177/002383098102400107>
- Meade, G., & Coch, D. (2017). Word-pair priming with biased homonyms: N400 and LPC effects. *Journal of Neurolinguistics*, 41, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2016.09.002>
- Mellem, M. S., Friedman, R. B., & Medvedev, A. V. (2013). Gamma- and theta-band synchronization during semantic priming reflect local and long-range lexical–semantic networks. *Brain and Language*, 127(3), 440–451. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.09.003>
- Messaoud-Galusi, S., Hazan, V., & Rosen, S. (2011). Investigating Speech Perception in Children With Dyslexia: Is There Evidence of a Consistent Deficit in Individuals? *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 54(6), 1682. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/09-0261\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/09-0261))
- Metsala, J. L. (1997). Spoken word recognition in reading disabled children. *Journal Of Educational Psychology*, 89, 159–169. <https://doi.org/Doi 10.1037/0022-0663.89.1.159>
- Metsala, J. L., Stanovich, K. E., & Brown, G. D. A. (1998). Regularity effects and the phonological deficit model of reading disabilities: A meta-analytic review. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 279–293. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.90.2.279>
- Meyler, A., & Breznitz, Z. (2005). Visual, auditory and cross-modal processing of linguistic and nonlinguistic temporal patterns among adult dyslexic readers. *Dyslexia*, 11(2), 93–115. <https://doi.org/10.1002/dys.294>
- Miellet, S., & Sparrow, L. (2004). Phonological codes are assembled before word fixation: Evidence from boundary paradigm in sentence reading. *Brain and Language*, 90(1–3), 299–310. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(03\)00442-5](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00442-5)
- Miller-Shaul, S. (2005). The characteristics of young and adult dyslexics readers on reading and reading related cognitive tasks as compared to normal readers. *Dyslexia*, 11(2), 132–151. <https://doi.org/10.1002/dys.290>
- Mishra, R. K., Singh, N., Pandey, A., & Huettig, F. (2012). Spoken language-mediated anticipatory eye-movements are modulated by reading ability - Evidence from Indian low and high literates. *Journal of Eye Movement Research*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.16910/jemr.5.1.3>
- Mitterer, H., & Reinisch, E. (2015). Letters don't matter: No effect of orthography on the perception of conversational speech. *Journal of Memory and Language*, 85, 116–134. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.08.005>
- Mody, M., Studdert-Kennedy, M., & Brady, S. (1997). Speech Perception Deficits in Poor Readers: Auditory Processing or Phonological Coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, 64(2), 199–231. <https://doi.org/10.1006/jecp.1996.2343>
- Montant, M., Schön, D., Anton, J.-L., & Ziegler, J. C. (2011). Orthographic Contamination of Broca's Area. *Frontiers in Psychology*, 2, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00378>
- Monzalvo, K., & Dehaene-Lambertz, G. (2013). How reading acquisition changes children's spoken language network. *Brain and Language*, 127(3), 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.10.009>
- Moore, D. M., Porter, M. A., Kohnen, S., & Castles, A. (2012). Detecting Different Types of Reading Difficulties: A Comparison of Tests. *Australasian Journal of Special Education*, 36(02), 112–133. <https://doi.org/10.1017/jse.2012.11>
- 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)
- Morais, J., Cary, L., Alegria, J., & Bertelson, P. (1979). Does awareness of speech as a sequence of phones arise spontaneously? *Cognition*, 7(4), 323–331. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(79\)90020-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(79)90020-9)
- Morais, J., Castro, S. L., Scliar-Cabral, L., Kolinsky, R., & Content, A. (1987). The Effects of Literacy on the Recognition of Dichotic Words. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 39(3), 451–465. <https://doi.org/10.1080/14640748708401798>
- Morgan, W. P. (1896). A Case of Congenital Word Blindness. *British Medical Journal*, 2(1871), 1378–1378. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.1871.1378>

- Morris, R. K. (2006). Lexical Processing and Sentence Context Effects. In M. J. Traxler & M. A. Gernsbacher (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics* (2nd ed., pp. 377–401). Burlington, MA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012369374-7/50011-0>
- Muneaux, M., & Ziegler, J. (2004). Locus of orthographic effects in spoken word recognition: Novel insights from the neighbour generation task. *Language and Cognitive Processes*, *19*(5), 641–660. <https://doi.org/10.1080/01690960444000052>
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). A lexical database for contemporary French on the Internet: LEXIQUE. *L'Année Psychologique*, *101*, 447–462.
- Newman, R. L., & Connolly, J. F. (2004). Determining the role of phonology in silent reading using event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, *21*(1), 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.05.006>
- Newman, R. S., Sawusch, J. R., & Luce, P. A. (1997). Lexical neighborhood effects in phonetic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *23*(3), 873–889. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.23.3.873>
- Niemi, P., & Näätänen, R. (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, *89*(1), 133–162. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.89.1.133>
- Nittrouer, S., Krieg, L. M., & Lowenstein, J. H. (2018). Speech Recognition in Noise by Children with and without Dyslexia: How is it Related to Reading? *Research in Developmental Disabilities*, *77*, 98–113. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.04.014>
- Nittrouer, S., Shune, S., & Lowenstein, J. H. (2011). What is the deficit in phonological processing deficits: Auditory sensitivity, masking, or category formation? *Journal of Experimental Child Psychology*, *108*(4), 762–785. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.10.012>
- Niznikiewicz, M., & Squires, N. K. (1996). Phonological Processing and the Role of Strategy in Silent Reading: Behavioral and Electrophysiological Evidence. *Brain and Language*, *52*(2), 342–364. <https://doi.org/10.1006/brln.1996.0016>
- Noordenbos, M. W., Segers, E., Serniclaes, W., & Verhoeven, L. (2013). Neural evidence of the allophonic mode of speech perception in adults with dyslexia. *Clinical Neurophysiology*, *124*(6), 1151–1162. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2012.12.044>
- Noordenbos, M. W., & Serniclaes, W. (2015). The Categorical Perception Deficit in Dyslexia: A Meta-Analysis. *Scientific Studies of Reading*, *19*(5), 340–359. <https://doi.org/10.1080/10888438.2015.1052455>
- Norris, D., McQueen, J. M., & Cutler, A. (2000). Merging information in speech recognition: Feedback is never necessary. *Behavioral and Brain Sciences*, *23*(3), 299–370. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00003241>
- Norris, D., McQueen, J. M., & Cutler, A. (2016). Prediction, Bayesian inference and feedback in speech recognition. *Language, Cognition and Neuroscience*, *31*(1), 4–18. <https://doi.org/10.1080/23273798.2015.1081703>
- Norris, D., McQueen, J. M., & Cutler, A. (2018). Commentary on “Interaction in Spoken Word Recognition Models.” *Frontiers in Psychology*, *9*(12), 1969–1988. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01568>
- Norton, E. S., Beach, S. D., & Gabrieli, J. D. E. (2015). Neurobiology of dyslexia. *Current Opinion in Neurobiology*, *30*, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2014.09.007>
- O’Brien, B. A., Van Orden, G. C., & Pennington, B. F. (2013). Do dyslexics misread a ROWS for a ROSE? *Reading and Writing*, *26*(3), 381–402. <https://doi.org/10.1007/s11145-012-9373-8>
- O’Rourke, T. B., & Holcomb, P. J. (2002). Electrophysiological evidence for the efficiency of spoken word processing. *Biological Psychology*, *60*(2–3), 121–150. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(02\)00045-5](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(02)00045-5)
- Okano, K., Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2016). Rapid modulation of spoken word recognition by visual primes. *Journal of Neurolinguistics*, *37*, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2015.09.002>
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., & Schoffelen, J. M. (2011). FieldTrip: Open Source Software for Advanced Analysis of MEG, EEG and Invasive Electrophysiological Data. *Computational Intelligence and Neuroscience*, *2011*, 1–9.
- Orton, S. T. (1925). “Word-blindness” in school children. *Archives of Neurology And Psychiatry*, *14*(5), 581. <https://doi.org/10.1001/archneurpsyc.1925.02200170002001>
- Paap, K. R., & Noel, R. W. (1991). Dual-route models of print to sound: Still a good horse race. *Psychological Research*, *53*(1), 13–24. <https://doi.org/10.1007/BF00867328>
- Pammer, K., Hansen, P. C., Kringelbach, M. L., Holliday, I., Barnes, G., Hillebrand, A., ... Cornelissen, P. L. (2004). Visual word recognition: the first half second. *NeuroImage*, *22*(4), 1819–1825. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.05.004>

- Pan, J., Yan, M., Laubrock, J., Shu, H., & Kliegl, R. (2013). Eye-voice span during rapid automatized naming of digits and dice in Chinese normal and dyslexic children. *Developmental Science*, *16*(6), 967–979. <https://doi.org/10.1111/desc.12075>
- Parker, A. J., Kirkby, J. A., & Slattery, T. J. (2017). Predictability effects during reading in the absence of parafoveal preview. *Journal of Cognitive Psychology*, *29*(8), 902–911. <https://doi.org/10.1080/20445911.2017.1340303>
- Parkin, A. J., & Ellingham, R. (1983). Phonological Recoding in Lexical Decision: the Influence of Pseudohomophones. *Language and Speech*, *26*(1), 81–90. <https://doi.org/10.1177/002383098302600105>
- Parrila, R., Georgiou, G. K., & Corkett, J. K. (2007). University Students with a Significant History of Reading Difficulties: What Is and Is Not Compensated? *Exceptionality Education Canada*, *17*(2), 195–220. <https://doi.org/10.1037/t52486-000>
- Pattamadilok, C., Chanoine, V., Pallier, C., Anton, J.-L., Nazarian, B., Belin, P., & Ziegler, J. C. (2017). Automaticity of phonological and semantic processing during visual word recognition. *NeuroImage*, *149*, 244–255. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.02.003>
- Pattamadilok, C., Knierim, I. N., Kawabata Duncan, K. J., & Devlin, J. T. (2010). How Does Learning to Read Affect Speech Perception? *Journal of Neuroscience*, *30*(25), 8435–8444. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5791-09.2010>
- Pattamadilok, C., Kolinsky, R., Luksaneeyanawin, S., & Morais, J. (2008). Orthographic congruency effects in the suprasegmental domain: Evidence from Thai. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *61*(10), 1515–1537. <https://doi.org/10.1080/17470210701587305>
- Pattamadilok, C., Kolinsky, R., Ventura, P., Radeau, M., & Morais, J. (2007). Orthographic representations in spoken word priming: no early automatic activation. *Language and Speech*, *50*(4), 505–511. <https://doi.org/10.1177/00238309070500040201>
- Pattamadilok, C., Morais, J., Colin, C., & Kolinsky, R. (2014). Unattentive speech processing is influenced by orthographic knowledge: Evidence from mismatch negativity. *Brain and Language*, *137*, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.08.005>
- Pattamadilok, C., Morais, J., De Vylder, O., Ventura, P., & Kolinsky, R. (2009). The orthographic consistency effect in the recognition of French spoken words: An early developmental shift from sublexical to lexical orthographic activation. *Applied Psycholinguistics*, *30*(3), 441–462. <https://doi.org/10.1017/S0142716409090225>
- Pattamadilok, C., Nelis, A., & Kolinsky, R. (2014). How does reading performance modulate the impact of orthographic knowledge on speech processing? A comparison of normal readers and dyslexic adults. *Annals of Dyslexia*, *64*(1), 57–76. <https://doi.org/10.1007/s11881-013-0086-8>
- Pattamadilok, C., Perre, L., Dufau, S., & Ziegler, J. C. (2009). On-line Orthographic Influences on Spoken Language in a Semantic Task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*(1), 169–179. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21014>
- Pattamadilok, C., Perre, L., & Ziegler, J. C. (2011). Beyond rhyme or reason: ERPs reveal task-specific activation of orthography on spoken language. *Brain and Language*, *116*(3), 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.12.002>
- Paulesu, E., Danelli, L., & Berlinger, M. (2014). Reading the dyslexic brain: multiple dysfunctional routes revealed by a new meta-analysis of PET and fMRI activation studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00830>
- Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. J. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, *362*(6418), 342–345. <https://doi.org/10.1038/362342a0>
- Pavlidis, G. T. (1981). Do eye movements hold the key to dyslexia? *Neuropsychologia*, *19*(1), 57–64. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(81\)90044-0](https://doi.org/10.1016/0028-3932(81)90044-0)
- Paz-Alonso, P. M., Oliver, M., Lerma-Usabiaga, G., Caballero-Gaudes, C., Quiñones, I., Suárez-Coalla, P., ... Carreiras, M. (2018). Neural correlates of phonological, orthographic and semantic reading processing in dyslexia. *NeuroImage: Clinical*, *20*, 433–447. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.08.018>
- Peereman, R. (1991). La médiation phonologique dans la reconnaissance des mots écrits. In R. Kolinsky, J. Morais, & J. Segui (Eds.), *La reconnaissance des mots dans les différentes modalités sensorielles: études de psycholinguistique cognitive* (pp. 119–163). Paris: PUF.
- Peereman, R., Content, A., & Bonin, P. (1998). Is perception a two-way street? The case of feedback consistency in visual word recognition. *Journal of Memory and Language*, *39*, 151–174. <https://doi.org/10.1006/jmla.1998.2573>
- Peereman, R., Dufour, S., & Burt, J. S. (2009). Orthographic influences in spoken word recognition: The

- consistency effect in semantic and gender categorization tasks. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 363–368. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.2.363>
- Peña, M., & Melloni, L. (2012). Brain Oscillations during Spoken Sentence Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(5), 1149–1164. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00144
- Pennington, B. F. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, 101(2), 385–413. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.04.008>
- Penolazzi, B., Angrilli, A., & Job, R. (2009). Gamma EEG activity induced by semantic violation during sentence reading. *Neuroscience Letters*, 465(1), 74–78. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.08.065>
- Perea, M., & Gotor, A. (1997). Associative and semantic priming effects occur at very short stimulus-onset asynchronies in lexical decision and naming. *Cognition*, 62(2), 223–240. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(96\)00782-2](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(96)00782-2)
- Perea, M., Vergara-Martínez, M., & Gomez, P. (2015). Resolving the locus of cAsE aLtErNaTiOn effects in visual word recognition: Evidence from masked priming. *Cognition*, 142, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.05.007>
- Perfetti, C. A. (2007). Reading Ability: Lexical Quality to Comprehension. *Scientific Studies of Reading*, 11(4), 357–383. <https://doi.org/10.1080/10888430701530730>
- Perfetti, C. A., & Hart, L. (2002). The lexical quality hypothesis. In L. Verhoeven, C. Elbro, & P. Reitsma (Eds.), *Precursors of functional literacy* (pp. 67–86). Amsterdam: John Benjamins. <https://doi.org/10.1075/swll.11.14per>
- Perfetti, C. A., Landi, N., & Oakhill, J. (2005). The Acquisition of Reading Comprehension Skill. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 227–247). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757642.ch13>
- Perfetti, C. A., & Stafura, J. (2014). Word Knowledge in a Theory of Reading Comprehension. *Scientific Studies of Reading*, 18(1), 22–37. <https://doi.org/10.1080/10888438.2013.827687>
- Perfetti, C. A., Wlotko, E. W., & Hart, L. A. (2005). Word Learning and Individual Differences in Word Learning Reflected in Event-Related Potentials. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1281–1292. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.6.1281>
- Perfetti, C. A., Yang, C.-L., & Schmalhofer, F. (2008). Comprehension skill and word-to-text integration processes. *Applied Cognitive Psychology*, 22(3), 303–318. <https://doi.org/10.1002/acp.1419>
- Perrachione, T. K., Del Tufo, S. N., & Gabrieli, J. D. E. (2011). Human Voice Recognition Depends on Language Ability. *Science*, 333(6042), 595–595. <https://doi.org/10.1126/science.1207327>
- Perre, L., Bertrand, D., & Ziegler, J. C. (2011). Literacy affects spoken language in a non-linguistic task: An ERP study. *Frontiers in Psychology*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00274>
- Perre, L., Midgley, K. J., & Ziegler, J. C. (2009). When beef primes reef more than leaf: Orthographic information affects phonological priming in spoken word recognition. *Psychophysiology*, 46(4), 739–746. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00813.x>
- Perre, L., Pattamadilok, C., Montant, M., & Ziegler, J. C. (2009). Orthographic effects in spoken language: On-line activation or phonological restructuring? *Brain Research*, 1275, 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.04.018>
- Perre, L., & Ziegler, J. C. (2008). On-line activation of orthography in spoken word recognition. *Brain Research*, 1188(1), 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.10.084>
- Perreault, C., & Mathew, S. (2012). Dating the Origin of Language Using Phonemic Diversity. *PLoS ONE*, 7(4), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035289>
- Perry, C. (2003). A phoneme-grapheme feedback consistency effect. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10(2), 392–397. <https://doi.org/10.3758/BF03196497>
- Perry, C., Ziegler, J. C., & Zorzi, M. (2014). CDP++.Italian: Modelling sublexical and supralexical inconsistency in a shallow orthography. *PLoS ONE*, 9(4), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094291>
- 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>
- Petersson, K. M., Reis, A., & Ingvar, M. (2001). Cognitive processing in literate and illiterate subjects: A review of some recent behavioral and functional neuroimaging data. *Scandinavian Journal of Psychology*, 42(3), 251–267. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00235>
- Pexman, P. M., Lupker, S. J., & Reggin, L. D. (2002). Phonological effects in visual word recognition: Investigating the impact of feedback activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(3), 572–584. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.3.572>

- Plaut, D. C. (1997). Structure and Function in the Lexical System: Insights from Distributed Models of Word Reading and Lexical Decision. *Language and Cognitive Processes*, 12(5–6), 765–806. <https://doi.org/10.1080/016909697386682>
- Plaut, D. C. (1999). A Connectionist Approach to Word Reading and Acquired Dyslexia: Extension to Sequential Processing. *Cognitive Science*, 23(4), 543–568. https://doi.org/10.1207/s15516709cog2304_7
- Plaut, D. C. (2008). Connectionist Approaches to Reading. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 24–38). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757642.ch2>
- Plaut, D. C., & Booth, J. R. (2000). Individual and developmental differences in semantic priming: Empirical and computational support for a single-mechanism account of lexical processing. *Psychological Review*, 107(4), 786–823. <https://doi.org/10.1037//0033-295X.107.4.786>
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. E. (1996). Understanding normal and impaired word reading: computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103(1), 56–115. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.1.56>
- Poldrack, R. A., Wagner, A. D., Prull, M. W., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. E. (1999). Functional Specialization for Semantic and Phonological Processing in the Left Inferior Prefrontal Cortex. *NeuroImage*, 10(1), 15–35. <https://doi.org/10.1006/nimg.1999.0441>
- Pollatsek, A., Lesch, M. F., Morris, R. K., & Rayner, K. (1992). Phonological codes are used in integrating information across saccades in word identification and reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(1), 148–162. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.18.1.148>
- Pollatsek, A., Reichle, E. D., & Rayner, K. (2006). Tests of the E-Z Reader model: Exploring the interface between cognition and eye-movement control. *Cognitive Psychology*, 52, 1–56. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2005.06.001>
- Powell, B. B. (2012). *Writing: Theory and history of the technology of civilization*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118293515>
- Power, A. J., Colling, L. J., Mead, N., Barnes, L., & Goswami, U. (2016). Neural encoding of the speech envelope by children with developmental dyslexia. *Brain and Language*, 160, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.06.006>
- Pritchard, S. C., Coltheart, M., Marinus, E., & Castles, A. (2018). A Computational Model of the Self-Teaching Hypothesis Based on the Dual-Route Cascaded Model of Reading. *Cognitive Science*, 42(3), 722–770. <https://doi.org/10.1111/cogs.12571>
- Pritchard, S. C., Coltheart, M., Palethorpe, S., & Castles, A. (2012). Nonword reading: Comparing dual-route cascaded and connectionist dual-process models with human data. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38(5), 1268–1288. <https://doi.org/10.1037/a0026703>
- Pulvermüller, F., Shtyrov, Y., & Ilmoniemi, R. (2005). Brain Signatures of Meaning Access in Action Word Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(6), 884–892. <https://doi.org/10.1162/0898929054021111>
- Qu, Q., & Damian, M. F. (2017). Orthographic effects in spoken word recognition: Evidence from Chinese. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(3), 901–906. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1164-9>
- Quémart, P., & Casalis, S. (2015). Visual processing of derivational morphology in children with developmental dyslexia: Insights from masked priming. *Applied Psycholinguistics*, 36(02), 345–376. <https://doi.org/10.1017/S014271641300026X>
- Quémart, P., & Casalis, S. (2017). Morphology and spelling in French students with dyslexia: the case of silent final letters. *Annals of Dyslexia*, 67(1), 85–98. <https://doi.org/10.1007/s11881-016-0133-3>
- Rack, J. P. (1985). Orthographic and phonetic coding in developmental dyslexia. *British Journal of Psychology*, 76(3), 325–340. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1985.tb01956.x>
- Rahmanian, S., & Kuperman, V. (2017). Spelling Errors Impede Recognition of Correctly Spelled Word Forms. *Scientific Studies of Reading*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/10888438.2017.1359274>
- Ramus, F. (2008). Génétique de la dyslexie. *Psychologie Schweizerische Zeitschrift Für Psychologie Und Ihre Anwendungen*, 96–97, 9–14.
- 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., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126(4), 841–865.

- <https://doi.org/10.1093/brain/awg076>
- Ramus, F., & Szenkovits, G. (2008). What phonological deficit? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *61*(1), 129–141. <https://doi.org/10.1080/17470210701508822>
- Ransby, M. J., & Swanson, H. L. (2003). Reading Comprehension Skills of Young Adults with Childhood Diagnoses of Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, *36*(6), 538–555. <https://doi.org/10.1177/00222194030360060501>
- Raschle, N. M., Sterling, P. L., Meissner, S. N., & Gaab, N. (2014). Altered Neuronal Response During Rapid Auditory Processing and Its Relation to Phonological Processing in Prereading Children at Familial Risk for Dyslexia. *Cerebral Cortex*, *24*(9), 2489–2501. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht104>
- Rastle, K., & Coltheart, M. (1999). Serial and strategic effects in reading aloud. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*(2), 482–503. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.25.2.482>
- Rastle, K., McCormick, S. F., Bayliss, L., & Davis, C. J. (2011). Orthography influences the perception and production of speech. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *37*(6), 1588–1594. <https://doi.org/10.1037/a0024833>
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998). *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales* (Oxford Psy). Oxford: San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Rayner, K. (1975). The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, *7*(1), 65–81. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90005-5)
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, *124*(3), 372–422. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*(8), 1457–1506. <https://doi.org/10.1080/17470210902816461>
- Rayner, K., Ashby, J., Pollatsek, A., & Reichle, E. D. (2004). The Effects of Frequency and Predictability on Eye Fixations in Reading: Implications for the E-Z Reader Model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*(4), 720–732. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.30.4.720>
- Rayner, K., Pollatsek, A., & Binder, K. S. (1998). Phonological codes and eye movements in reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *24*(2), 476–97. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.24.2.476>
- Rayner, K., Schotter, E. R., & Drieghe, D. (2014). Lack of semantic parafoveal preview benefit in reading revisited. *Psychonomic Bulletin & Review*, *21*(4), 1067–1072. <https://doi.org/10.3851/IMP2701.Changes>
- Rayner, K., Slattery, T. J., Drieghe, D., & Liversedge, S. P. (2011). Eye movements and word skipping during reading: Effects of word length and predictability. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *37*(2), 514–528. <https://doi.org/10.1037/a0020990>
- Rayner, K., Warren, T., Juhasz, B. J., & Liversedge, S. P. (2004). The Effect of Plausibility on Eye Movements in Reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *30*(6), 1290–1301. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.6.1290>
- Rayner, K., & Well, A. D. (1996). Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination. *Psychonomic Bulletin & Review*, *3*(4), 504–509. <https://doi.org/10.3758/BF03214555>
- Read, C., Zhang, Y.-F., Nie, H.-Y., & Ding, B.-Q. (1986). The ability to manipulate speech sounds depends on knowing alphabetic spelling. *Cognition*, *24*, 31–44.
- Regan, D. (1989). *Human brain electrophysiology: Evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine*. New-York: Elsevier.
- Reichle, E. D. (2011). Serial-attention models of reading. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Eds.), *The Oxford Handbook of Eye Movements* (pp. 767–786). Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199539789.013.0042>
- Reichle, E. D., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2012). Using E-Z Reader to simulate eye movements in nonreading tasks: A unified framework for understanding the eye–mind link. *Psychological Review*, *119*(1), 155–185. <https://doi.org/10.1037/a0026473>
- Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A. (1999). Eye movement control in reading: accounting for initial fixation locations and refixations within the E-Z Reader model. *Vision Research*, *39*(26), 4403–4411. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(99\)00152-2](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(99)00152-2)
- Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A. (2003). The E-Z Reader model of eye-movement control in reading: Comparisons to other models. *Behavioral and Brain Sciences*, *26*(04), 445–526. <https://doi.org/10.1017/S0140525X03000104>
- Reichle, E. D., Warren, T., & McConnell, K. (2009). Using E-Z Reader to model the effects of higher level

- language processing on eye movements during reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*(1), 1–21. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.1.1>
- Reid, A. A., Szczerbinski, M., Iskierka-Kasperek, E., & Hansen, P. (2007). Cognitive profiles of adult developmental dyslexics: theoretical implications. *Dyslexia*, *13*(1), 1–24. <https://doi.org/10.1002/dys.321>
- Reis, A., & Castro-Caldas, A. (1997). Illiteracy: a cause for biased cognitive development. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *3*(05), 444–450.
- Richlan, F. (2012). Developmental dyslexia: dysfunction of a left hemisphere reading network. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 1–5. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00120>
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2011). Meta-analyzing brain dysfunctions in dyslexic children and adults. *NeuroImage*, *56*(3), 1735–1742. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.02.040>
- Robertson, E. K., & Joanisse, M. F. (2010). Spoken sentence comprehension in children with dyslexia and language impairment: The roles of syntax and working memory. *Applied Psycholinguistics*, *31*(01), 141. <https://doi.org/10.1017/S0142716409990208>
- Rodd, J. M. (2004). When do leotards get their spots? Semantic activation of lexical neighbors in visual word recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*(3), 434–439. <https://doi.org/10.3758/BF03196591>
- Rommers, J., Meyer, A. S., Praamstra, P., & Huettig, F. (2013). The contents of predictions in sentence comprehension: Activation of the shape of objects before they are referred to. *Neuropsychologia*, *51*(3), 437–447. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.12.002>
- Roux, S., & Bonin, P. (2013). “With a little help from my friends”: Orthographic influences in spoken word recognition. *L'Année Psychologique*, *113*(01), 35–48. <https://doi.org/10.4074/S0003503313001024>
- Rubenstein, H., Lewis, S. S., & Rubenstein, M. A. (1971). Evidence for phonemic recoding in visual word recognition. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *10*(6), 645–657. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(71\)80071-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(71)80071-3)
- Rumsey, J. M., Horwitz, B., Donohue, B. C., Nace, K., Maisog, J. M., & Andreason, P. (1997). Phonological and orthographic components of word recognition. A PET- rCBF study. *Brain*, *120*(5), 739–759. <https://doi.org/10.1093/brain/120.5.739>
- Saksida, A., Iannuzzi, S., Bogliotti, C., Chaix, Y., Démonet, J.-F., Bricout, L., ... Ramus, F. (2016). Phonological skills, visual attention span, and visual stress in developmental dyslexia. *Developmental Psychology*, *52*(10), 1503–1516. <https://doi.org/10.1037/dev0000184>
- Salmelin, R., Kiesilä, P., Uutela, K., Service, E., & Salonen, O. (1996). Impaired visual word processing in dyslexia revealed with magnetoencephalography. *Annals of Neurology*, *40*(2), 157–162. <https://doi.org/10.1002/ana.410400206>
- Saussure, F. (1916). *Course in General Linguistics*. (C. Bally & A. Sechehaye, Eds.). New York: McGraw-Hill. Retrieved from <http://content.apa.org/journals/apl/60/6/742>
- Sauval, K., Perre, L., & Casalis, S. (2017). Automatic activation of phonological code during visual word recognition in children: a masked priming study in grades 3 and 5. *Reading and Writing*, *30*(1), 51–67. <https://doi.org/10.1007/s11145-016-9662-8>
- Savill, N. J., & Thierry, G. (2011a). Electrophysiological evidence for impaired attentional engagement with phonologically acceptable misspellings in developmental dyslexia. *Frontiers in Psychology*, *2*, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00139>
- Savill, N. J., & Thierry, G. (2011b). Reading for sound with dyslexia: Evidence for early orthographic and late phonological integration deficits. *Brain Research*, *1385*, 192–205. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.02.012>
- Saygin, Z. M., Norton, E. S., Osher, D. E., Beach, S. D., Cyr, A. B., Ozernov-Palchik, O., ... Gabrieli, J. D. E. (2013). Tracking the Roots of Reading Ability: White Matter Volume and Integrity Correlate with Phonological Awareness in Prereading and Early-Reading Kindergarten Children. *Journal of Neuroscience*, *33*(33), 13251–13258. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4383-12.2013>
- Schotter, E. R., Bicknell, K., Howard, I., Levy, R., & Rayner, K. (2014). Task effects reveal cognitive flexibility responding to frequency and predictability: Evidence from eye movements in reading and proofreading. *Cognition*, *131*(1), 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.11.018>
- Schotter, E. R., Lee, M., Reiderman, M., & Rayner, K. (2015). The effect of contextual constraint on parafoveal processing in reading. *Journal of Memory and Language*, *83*, 118–139. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.04.005>
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J., & Remschmidt, H. (2001). Speech perception deficit in dyslexic adults as measured by mismatch negativity (MMN). *International Journal of Psychophysiology*, *40*(1), 77–87. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00152-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00152-5)

- Schwartz, M. F., Faseyitan, O., Kim, J., & Coslett, H. B. (2012). The dorsal stream contribution to phonological retrieval in object naming. *Brain*, *135*(12), 3799–3814. <https://doi.org/10.1093/brain/aws300>
- Searle, S. R., Speed, F. M., & Milliken, G. A. (1980). Population Marginal Means in the Linear Model: An Alternative to Least Squares Means. *The American Statistician*, *34*(4), 216–221. <https://doi.org/10.1080/00031305.1980.10483031>
- Seidenberg, M. S. (1992). Dyslexia in a computational model of word recognition in reading. In P. B. Gough, L. C. Ehri, & R. Treiman (Eds.), *Reading acquisition* (pp. 243–273). Lawrence Erlbaum Associates.
- Seidenberg, M. S. (1993). A Connectionist Modeling Approach to Word Recognition and Dyslexia. *Psychological Science*, *4*(5), 299–304. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1993.tb00568.x>
- Seidenberg, M. S. (2005). Connectionist Models of Word Reading. *Current Directions in Psychological Science*, *14*(5), 238–242. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00372.x>
- Seidenberg, M. S. (2007). Connectionist Models of Reading. In M. G. Gaskell (Ed.), *Oxford Handbook of Psycholinguistics* (pp. 235–250). Oxford University Press.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, *96*(4), 523–568. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.4.523>
- Seidenberg, M. S., & Tanenhaus, M. K. (1979). Orthographic effects on rhyme monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *5*(6), 546–554. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.5.6.546>
- Sereno, S. C., Hand, C. J., Shahid, A., Yao, B., & O'Donnell, P. J. (2018). Testing the limits of contextual constraint: Interactions with word frequency and parafoveal preview during fluent reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*(1), 302–313. <https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1327981>
- Sereno, S. C., & Rayner, K. (2003). Measuring word recognition in reading: Eye movements and event-related potentials. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(11), 489–493. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.09.010>
- Sereno, S. C., Rayner, K., & Posner, M. I. (1998). Establishing a time-line of word recognition. *NeuroReport*, *9*(10), 2195–2200. <https://doi.org/10.1097/00001756-199807130-00009>
- Shahin, A. J., Picton, T. W., & Miller, L. M. (2009). Brain oscillations during semantic evaluation of speech. *Brain and Cognition*, *70*(3), 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.02.008>
- Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Constable, R. T., Mencl, W. E., ... Gore, J. C. (1998). Functional disruption in the organization of the brain for reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *95*(5), 2636–2641. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.5.2636>
- Sheridan, H., & Reichle, E. D. (2016). An Analysis of the Time Course of Lexical Processing During Reading. *Cognitive Science*, *40*(3), 522–553. <https://doi.org/10.1111/cogs.12246>
- Sheridan, H., & Reingold, E. M. (2012). The time course of predictability effects in reading: Evidence from a survival analysis of fixation durations. *Visual Cognition*, *20*(7), 733–745. <https://doi.org/10.1080/13506285.2012.693548>
- Sheriston, L., Critten, S., & Jones, E. (2016). Routes to Reading and Spelling: Testing the Predictions of Dual-Route Theory. *Reading Research Quarterly*, *51*(4), 403–417. <https://doi.org/10.1002/rrq.143>
- Simmons, F., & Singleton, C. (2000). The reading comprehension abilities of dyslexic students in higher education. *Dyslexia*, *6*(3), 178–192. [https://doi.org/10.1002/1099-0909\(200007/09\)6:3<178::AID-DYS171>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/1099-0909(200007/09)6:3<178::AID-DYS171>3.0.CO;2-9)
- Simon, G., Bernard, C., Largy, P., Lalonde, R., & Rebai, M. (2004). Chronometru of visual word recognition during passive and lexical decision task: an ERP investigation. *International Journal of Neuroscience*, *114*(11), 1401–1432. <https://doi.org/10.1080/00207450490476057>
- Slattery, T. J., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2006). The time course of phonological and orthographic processing of acronyms in reading: Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*(3), 412–417. <https://doi.org/10.3758/BF03193862>
- Smith, A. C., Monaghan, P., & Huettig, F. (2014). Literacy effects on language and vision: Emergent effects from an amodal shared resource (ASR) computational model. *Cognitive Psychology*, *75*, 28–54. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2014.07.002>
- Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Snowling, M. J., Gooch, D., McArthur, G., & Hulme, C. (2018). Language Skills, but Not Frequency Discrimination, Predict Reading Skills in Children at Risk of Dyslexia. *Psychological Science*, *29*(8), 1270–1282. <https://doi.org/10.1177/0956797618763090>
- Snyder, L. S., & Downey, D. M. (1995). Serial rapid naming skills in children with reading disabilities. *Annals of Dyslexia*, *45*(1), 29–49.

- Sohoglu, E., Peelle, J. E., Carlyon, R. P., & Davis, M. H. (2012). Predictive Top-Down Integration of Prior Knowledge during Speech Perception. *Journal of Neuroscience*, 32(25), 8443–8453. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5069-11.2012>
- Sparrow, L., & Mielle, S. (2002). Activation of Phonological Codes during Reading: Evidence from Errors Detection and Eye Movements. *Brain and Language*, 81(1–3), 509–516. <https://doi.org/10.1006/brln.2001.2543>
- Spinelli, E., & Ferrand, L. (2005). *Psychologie du langage. L'écrit et le parlé, du signal à la signification* (Cursus). Paris: Armand Colin.
- Spitsyna, G., Warren, J. E., Scott, S. K., Turkheimer, F. E., & Wise, R. J. S. (2006). Converging Language Streams in the Human Temporal Lobe. *Journal of Neuroscience*, 26(28), 7328–7336. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0559-06.2006>
- Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2013). *Lecture et dyslexie : Approche cognitive* (2nd ed.). Paris: Dunod.
- Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Béchenec, D., & Kipffer-Piquard, A. (2005). French normative data on reading and related skills from EVALEC, a new computerized battery of tests (end Grade 1, Grade 2, Grade 3, and Grade 4). *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 55(3), 157–186. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2004.11.002>
- Stanovich, K. E., & West, R. F. (1981). The effect of sentence context on ongoing word recognition: Tests of a two-process theory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(3), 658–672. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.7.3.658>
- Stanovich, K. E., & West, R. F. (2000). Advancing the rationality debate. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(5), 701–717. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00623439>
- Staub, A. (2011). The effect of lexical predictability on distributions of eye fixation durations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(2), 371–376. <https://doi.org/10.3758/s13423-010-0046-9>
- Staub, A. (2015). The Effect of Lexical Predictability on Eye Movements in Reading: Critical Review and Theoretical Interpretation. *Language and Linguistics Compass*, 9(8), 311–327. <https://doi.org/10.1111/lnc3.12151>
- Stein, J. F. (2018). What is Developmental Dyslexia? *Brain Sciences*, 8(2), 26. <https://doi.org/10.3390/brainsci8020026>
- Steinschneider, M., Nourski, K. V., & Fishman, Y. I. (2013). Representation of speech in human auditory cortex: Is it special? *Hearing Research*, 305(35), 57–73. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.05.013>
- Stoeckel, C., Gough, P. M., Watkins, K. E., & Devlin, J. T. (2009). Supramarginal gyrus involvement in visual word recognition. *Cortex*, 45(9), 1091–1096. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.12.004>
- Stone, G. O., Vanhoy, M., & Van Orden, G. C. (1997). Perception Is a Two-Way Street: Feedforward and Feedback Phonology in Visual Word Recognition. *Journal of Memory and Language*, 36(3), 337–359. <https://doi.org/10.1006/jmla.1996.2487>
- Strain, E., & Herdman, C. M. (1999). Imageability effects in word naming: An individual differences analysis. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 53(4), 347–359. <https://doi.org/10.1037/h0087322>
- Strauß, A., Kotz, S. A., Scharinger, M., & Obleser, J. (2014). Alpha and theta brain oscillations index dissociable processes in spoken word recognition. *NeuroImage*, 97, 387–395. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.04.005>
- Swanson, H. L. (2012). Adults With Reading Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 45(1), 17–30. <https://doi.org/10.1177/0022219411426856>
- Swanson, H. L., & Hsieh, C.-J. (2009). Reading Disabilities in Adults: A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Review of Educational Research*, 79(4), 1362–1390. <https://doi.org/10.3102/0034654309350931>
- Szenkovits, G., Darma, Q., Darcy, I., & Ramus, F. (2016). Exploring dyslexics' phonological deficit II: Phonological grammar. *First Language*, 36(3), 316–337. <https://doi.org/10.1177/0142723716648841>
- Tabossi, P., Burani, C., & Scott, D. (1995). Word Identification in Fluent Speech. *Journal of Memory and Language*, 34(4), 440–467. <https://doi.org/10.1006/jmla.1995.1020>
- Taft, M. (2006). Orthographically Influenced Abstract Phonological Representation: Evidence from Non-rhotic Speakers. *Journal of Psycholinguistic Research*, 35(1), 67–78. <https://doi.org/10.1007/s10936-005-9004-5>
- Taft, M. (2011). Orthographic influences when processing spoken pseudowords: Theoretical implications. *Frontiers in Psychology*, 2, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00140>
- Taft, M., & Hambly, G. (1985). The influence of orthography on phonological representations in the lexicon. *Journal of Memory and Language*, 24(3), 320–335. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(85\)90031-2](https://doi.org/10.1016/0749-596X(85)90031-2)

- Taft, M., & Hambly, G. (1986). Exploring the cohort model of spoken word recognition. *Cognition*, 22(3), 259–282. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(86\)90017-X](https://doi.org/10.1016/0010-0277(86)90017-X)
- Taft, M., & van Graan, F. (1998). Lack of phonological mediation in a semantic categorization task. *Journal of Memory and Language*, 38(2), 203–224. <https://doi.org/10.1006/jmla.1997.2538>
- Tanenhaus, M. K., Flanigan, H. P., & Seidenberg, M. S. (1980). Orthographic and phonological activation in auditory and visual word recognition. *Memory & Cognition*, 8(6), 513–520. <https://doi.org/10.3758/BF03213770>
- Tattersall, I. (2009). Human origins: Out of Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(38), 16018–16021. <https://doi.org/10.1073/pnas.0903207106>
- Taylor, W. L. (1953). “Cloze Procedure”: A New Tool for Measuring Readability. *Journalism Bulletin*, 30(4), 415–433. <https://doi.org/10.1177/107769905303000401>
- Teinonen, T., Fellman, V., Näätänen, R., Alku, P., & Huotilainen, M. (2009). Statistical language learning in neonates revealed by event-related brain potentials. *BMC Neuroscience*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-10-21>
- Thiebaut de Schotten, M., Cohen, L., Amemiya, E., Braga, L. W., & Dehaene, S. (2014). Learning to Read Improves the Structure of the Arcuate Fasciculus. *Cerebral Cortex*, 24(4), 989–995. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs383>
- Tijms, J. (2004). Verbal memory and phonological processing in dyslexia. *Journal of Research in Reading*, 27(3), 300–310. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2004.00233.x>
- Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (1994). Longitudinal Studies of Phonological Processing and Reading. *Journal of Learning Disabilities*, 27(5), 276–286. <https://doi.org/10.1177/002221949402700503>
- Tournadre, N. (2014). *Le prisme des langues, essai sur la diversité linguistique et les difficultés des langues*. Paris: L’Asiathèque.
- Townsend, D. J. (2018). Stage salience and situational likelihood in the formation of situation models during sentence comprehension. *Lingua*, 206, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.lingua.2018.01.002>
- Trainin, G., & Swanson, H. L. (2005). Cognition, Metacognition, and Achievement of College Students with Learning Disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 28(4), 261–272. <https://doi.org/10.2307/4126965>
- Tune, S., Schlesewsky, M., Small, S. L., Sanford, A. J., Bohan, J., Sassenhagen, J., & Bornkessel-Schlesewsky, I. (2014). Cross-linguistic variation in the neurophysiological response to semantic processing: Evidence from anomalies at the borderline of awareness. *Neuropsychologia*, 56, 147–166. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.01.007>
- Tunmer, W. E., & Greaney, K. (2010). Defining dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 43, 229–243. <https://doi.org/10.1177/0022219409345009>
- Tunmer, W. E., & Nesdale, A. R. (1982). The effects of digraphs and pseudowords on phonemic segmentation in young children. *Applied Psycholinguistics*, 3(4), 299–311. <https://doi.org/10.1017/S0142716400004240>
- Tunmer, W. E., & Nesdale, A. R. (1985). Phonemic segmentation skill and beginning reading. *Journal of Educational Psychology*, 77(4), 417–427. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.77.4.417>
- UNESCO. (2016). *Education for people and planet. Global education monitoring report 2016*. Paris. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002457/245752e.pdf>
- van Atteveldt, N. M., Formisano, E., Goebel, R., & Blomert, L. (2004). Integration of letters and speech sounds in the human brain. *Neuron*, 43(2), 271–282. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.06.025>
- van Daalen-Kapteijns, M. M., & Elshout-Mohr, M. (1981). The acquisition of word meanings as a cognitive learning process. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20(4), 386–399. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(81\)90515-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(81)90515-6)
- van de Meerendonk, N., Kolk, H. H. J., Vissers, C. T. W. M., & Chwilla, D. J. (2010). Monitoring in Language Perception: Mild and Strong Conflicts Elicit Different ERP Patterns. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(1), 67–82. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.21170>
- van der Mark, S., Bucher, K., Maurer, U., Schulz, E., Brem, S., Buckelmüller, J., ... Brandeis, D. (2009). Children with dyslexia lack multiple specializations along the visual word-form (VWF) system. *NeuroImage*, 47(4), 1940–1949. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.05.021>
- Van Orden, G. C. (1987). A row is a rose: Spelling, sound and reading. *Memory & Cognition*, 15(3), 181–198. <https://doi.org/10.3758/BF03197716>
- Van Orden, G. C., & Goldinger, S. D. (1994). Interdependence of form and function in cognitive systems explains perception of printed words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(6), 1269–1291. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.20.6.1269>

- Van Orden, G. C., Johnston, J. C., & Hale, B. L. (1988). Word identification in reading proceeds from spelling to sound to meaning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *14*(3), 371–386. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.14.3.371>
- Van Orden, G. C., & Kloos, H. (2008). The Question of Phonology and Reading. In M. J. Snowling & C. Hulme (Eds.), *The Science of Reading: A Handbook* (pp. 61–78). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470757642.ch4>
- Van Orden, G. C., Pennington, B. F., & Stone, G. O. (1990). Word identification in reading and the promise of subsymbolic psycholinguistics. *Psychological Review*, *97*(4), 488–522. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.97.4.488>
- Van Petten, C. K. (2014). Examining the N400 semantic context effect item-by-item: Relationship to corpus-based measures of word co-occurrence. *International Journal of Psychophysiology*, *94*(3), 407–419. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.10.012>
- Van Petten, C. K., & Kutas, M. (1990). Interactions between sentence context and word frequency-related brainpotentials. *Memory & Cognition*, *18*(4), 380–393. <https://doi.org/10.3758/BF03197127>
- van Viersen, S., de Bree, E. H., Zee, M., Maassen, B., van der Leij, A., & de Jong, P. F. (2018). Pathways Into Literacy: The Role of Early Oral Language Abilities and Family Risk for Dyslexia. *Psychological Science*, *29*(3), 418–428. <https://doi.org/10.1177/0956797617736886>
- Vandermosten, M., Boets, B., Poelmans, H., Sunaert, S., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A tractography study in dyslexia: neuroanatomic correlates of orthographic, phonological and speech processing. *Brain*, *135*(3), 935–948. <https://doi.org/10.1093/brain/awr363>
- Vandermosten, M., Hoeft, F., & Norton, E. S. (2016). Integrating MRI brain imaging studies of pre-reading children with current theories of developmental dyslexia: a review and quantitative meta-analysis. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *10*, 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.06.007>
- Varela, F., Lachaux, J.-P., Rodriguez, E., & Martinerie, J. (2001). The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration. *Nature Reviews Neuroscience*, *2*(4), 229–239. <https://doi.org/10.1038/35067550>
- Veldre, A., & Andrews, S. (2018). Parafoveal preview effects depend on both preview plausibility and target predictability. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*(1), 64–74. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1247894>
- Vellutino, F. R. (1979). *Dyslexia: Theory and research*. Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- 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 and Allied Disciplines*, *45*(1), 2–40. <https://doi.org/10.1046/j.0021-9630.2003.00305.x>
- Vellutino, F. R., & Scanlon, D. M. (1982). Verbal Processing in Poor and Normal Readers. In C. J. Brainerd & M. Pressley (Eds.), *Verbal Processes in Children* (Springer S, pp. 189–264). New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9475-4_7
- Vellutino, F. R., & Scanlon, D. M. (1987). Phonological coding, phonological awareness, and reading ability: Evidence from a longitudinal and experimental study. *Merrill-Palmer Quarterly*, *33*(3), 321–363. Retrieved from <http://www.jstor.org.lama.univ-amu.fr/stable/23086538>
- Vellutino, F. R., Scanlon, D. M., Small, S. G., & Tanzman, M. S. (1991). Part III. Relationships between written and oral language and reading problems in the schools. *Text - Interdisciplinary Journal for the Study of Discourse*, *11*(1), 99–133. <https://doi.org/10.1515/text.1.1991.11.1.97>
- Vellutino, F. R., Scanlon, D. M., & Tanzman, M. S. (1994). Components of reading ability: Issues and problems in operationalizing word identification, phonological coding, and orthographic coding. In G. R. Lyon (Ed.), *Frames of reference for the assessment of learning disabilities: New views on measurement issues* (pp. 279–332). Baltimore, MD, US: Paul H Brookes Publishing. Retrieved from psycnet.apa.org/record/1994-97166-013
- Venezky, R. (1970). *The structure of English orthography*. The Hague: Mouton.
- Ventura, P., Kolinsky, R., Pattamadilok, C., & Morais, J. (2008). The developmental turnpoint of orthographic consistency effects in speech recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, *100*(2), 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.01.003>
- Ventura, P., Morais, J., & Kolinsky, R. (2007). The development of the orthographic consistency effect in speech recognition: From sublexical to lexical involvement. *Cognition*, *105*(3), 547–576. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.12.005>
- Vigneau, M., Beaucoisin, V., Hervé, P. Y., Duffau, H., Crivello, F., Houdé, O., ... Tzourio-Mazoyer, N. (2006). Meta-analyzing left hemisphere language areas: Phonology, semantics, and sentence processing. *NeuroImage*, *30*(4), 1414–1432. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.002>

- Vinckier, F., Dehaene, S., Jobert, A., Dubus, J. P., Sigman, M., & Cohen, L. (2007). Hierarchical Coding of Letter Strings in the Ventral Stream: Dissecting the Inner Organization of the Visual Word-Form System. *Neuron*, *55*(1), 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.05.031>
- Visser, M., & Lambon Ralph, M. A. (2011). Differential Contributions of Bilateral Ventral Anterior Temporal Lobe and Left Anterior Superior Temporal Gyrus to Semantic Processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(10), 3121–3131. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00007
- Vissers, C. T. W. M., Chwilla, D. J., & Kolk, H. H. J. (2006). Monitoring in language perception: The effect of misspellings of words in highly constrained sentences. *Brain Research*, *1106*(1), 150–163. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.05.012>
- Vissers, C. T. W. M., Kolk, H. H. J., van de Meerendonk, N., & Chwilla, D. J. (2008). Monitoring in language perception: Evidence from ERPs in a picture–sentence matching task. *Neuropsychologia*, *46*(4), 967–982. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.11.027>
- Vukovic, R. K., Wilson, A. M., & Nash, K. K. (2004). Naming Speed Deficits in Adults with Reading Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *37*(5), 440–450. <https://doi.org/10.1177/00222194040370050601>
- Wagner, M., Roychoudhury, A., Campanelli, L., Shafer, V. L., Martin, B., & Steinschneider, M. (2016). Representation of spectro-temporal features of spoken words within the P1-N1-P2 and T-complex of the auditory evoked potentials (AEP). *Neuroscience Letters*, *614*, 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.12.020>
- Wang, L., Zhu, Z., & Bastiaansen, M. C. M. (2012). Integration or Predictability? A Further Specification of the Functional Role of Gamma Oscillations in Language Comprehension. *Frontiers in Psychology*, *3*, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00187>
- Warmington, M., Stothard, S. E., & Snowling, M. J. (2013). Assessing dyslexia in higher education: the York adult assessment battery-revised. *Journal of Research in Special Educational Needs*, *13*(1), 48–56. <https://doi.org/10.1111/j.1471-3802.2012.01264.x>
- Warren, T., McConnell, K., & Rayner, K. (2008). Effects of context on eye movements when reading about possible and impossible events. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *34*(4), 1001–1010. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.4.1001>
- Weiss, A. F., Kretschmar, F., Schlesewsky, M., Bornkessel-Schlesewsky, I., & Staub, A. (2018). Comprehension demands modulate re-reading, but not first-pass reading behavior. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*(1), 198–210. <https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1307862>
- Weiss, S., & Mueller, H. M. (2003). The contribution of EEG coherence to the investigation of language. *Brain and Language*, *85*(2), 325–343. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(03\)00067-1](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00067-1)
- Weiss, S., & Mueller, H. M. (2012). “Too Many betas do not Spoil the Broth”: The Role of Beta Brain Oscillations in Language Processing. *Frontiers in Psychology*, *3*, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00201>
- Welcome, S. E., & Alton, A. C. (2015). Individual Differences in the Effect of Orthographic/Phonological Conflict on Rhyme and Spelling Decisions. *PLOS ONE*, *10*(3), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119734>
- Welcome, S. E., & Joanisse, M. F. (2012). Individual differences in skilled adult readers reveal dissociable patterns of neural activity associated with component processes of reading. *Brain and Language*, *120*(3), 360–371. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2011.12.011>
- Wheat, K. L., Cornelissen, P. L., Frost, S. J., & Hansen, P. C. (2010). During Visual Word Recognition, Phonology Is Accessed within 100 ms and May Be Mediated by a Speech Production Code: Evidence from Magnetoencephalography. *Journal of Neuroscience*, *30*(15), 5229–5233. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4448-09.2010>
- Wilson, A. M., & Lesaux, N. K. (2001). Persistence of Phonological Processing Deficits in College Students with Dyslexia Who Have Age-Appropriate Reading Skills. *Journal of Learning Disabilities*, *34*(5), 394–400.
- Wimmer, H., Schurz, M., Sturm, D., Richlan, F., Klackl, J., Kronbichler, M., & Ladurner, G. (2010). A dual-route perspective on poor reading in a regular orthography: An fMRI study. *Cortex*, *46*(10), 1284–1298. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2010.06.004>
- Wiseheart, R., Altmann, L. J. P., Park, H., & Lombardino, L. J. (2009). Sentence comprehension in young adults with developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, *59*(2), 151–167. <https://doi.org/10.1007/s11881-009-0028-7>
- Woollams, A. M., Lambon Ralph, M. A., Madrid, G., & Patterson, K. E. (2016). Do You Read How I Read? Systematic Individual Differences in Semantic Reliance amongst Normal Readers. *Frontiers in Psychology*, *7*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01757>

- Yagle, K., Richards, T., Askren, K., Mestre, Z., Beers, S., Abbott, R. D., ... Berninger, V. W. (2017). Relationships between Eye Movements during Sentence Reading Comprehension, Word Spelling and Reading, and DTI and fmri Connectivity In Students with and without Dysgraphia or Dyslexia. *Journal of Systems and Integrative Neuroscience*, 3(1), 773–779. <https://doi.org/10.15761/JSIN.1000150>
- Yan, M., Pan, J., Laubrock, J., Kliegl, R., & Shu, H. (2013). Parafoveal processing efficiency in rapid automatized naming: A comparison between Chinese normal and dyslexic children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(3), 579–589. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.01.007>
- Yang, C. L., Perfetti, C. A., & Schmalhofer, F. (2006). Less skilled comprehenders' ERPs show sluggish word-to-text integration processes. *Written Language & Literacy*, 8(2), 157–181. <https://doi.org/10.1075/wll.8.2.10yan>
- Yang, C. L., Perfetti, C. A., & Schmalhofer, F. (2007). Event-related potential indicators of text integration across sentence boundaries. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(1), 55–89. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.1.55>
- Yates, M. (2005). Phonological neighbors speed visual word processing: Evidence from multiple tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1385–1397. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.6.1385>
- Yates, M., Locker, L., & Simpson, G. B. (2004). The influence of phonological neighborhood on visual word perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(3), 452–457. <https://doi.org/10.3758/BF03196594>
- Yeatman, J. D., Dougherty, R. F., Ben-Shachar, M., & Wandell, B. A. (2012). Development of white matter and reading skills. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(44), E3045–E3053. <https://doi.org/10.1073/pnas.1206792109>
- Yeatman, J. D., Dougherty, R. F., Rykhlevskaia, E., Sherbondy, A. J., Deutsch, G. K., Wandell, B. A., & Ben-Shachar, M. (2011). Anatomical Properties of the Arcuate Fasciculus Predict Phonological and Reading Skills in Children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(11), 3304–3317. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00061
- Zecker, S. G. (1991). The orthographic code: Developmental trends in reading-disabled and normally-achieving children. *Annals of Dyslexia*, 41(1), 178–192. <https://doi.org/10.1007/BF02648085>
- Zeguers, M. H. T., Snellings, P., Huizenga, H. M., & van der Molen, M. W. (2014). Time course analyses of orthographic and phonological priming effects during word recognition in a transparent orthography. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(10), 1925–1943. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.879192>
- Zhu, Z., Feng, G., Zhang, J. X., Li, G., Li, H., & Wang, S. (2013). The role of the left prefrontal cortex in sentence-level semantic integration. *NeuroImage*, 76, 325–331. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.02.060>
- Zhu, Z., Hagoort, P., Zhang, J. X., Feng, G., Chen, H.-C., Bastiaansen, M. C. M., & Wang, S. (2012). The anterior left inferior frontal gyrus contributes to semantic unification. *NeuroImage*, 60(4), 2230–2237. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.036>
- Zhuang, J., Tyler, L. K., Randall, B., Stamatakis, E. A., & Marslen-Wilson, W. D. (2014). Optimally efficient neural systems for processing spoken language. *Cerebral Cortex*, 24(4), 908–918. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs366>
- Ziegler, J. C. (2006). Do differences in brain activation challenge universal theories of dyslexia? *Brain and Language*, 98, 341–343. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.05.002>
- Ziegler, J. C., Benraiss, A., & Besson, M. (1999). From print to meaning: An electrophysiological investigation of the role of phonology in accessing word meaning. *Psychophysiology*, 36(6), 775–785. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3660775>
- Ziegler, J. C., & Ferrand, L. (1998). Orthography shapes the perception of speech: The consistency effect in auditory word recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(4), 683–689. <https://doi.org/10.3758/BF03208845>
- Ziegler, J. C., Ferrand, L., Jacobs, A. M., Rey, A., & Grainger, J. (2000). Visual and Phonological Codes in Letter and Word Recognition: Evidence from Incremental Priming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 53(3), 671–692. <https://doi.org/10.1080/713755906>
- Ziegler, J. C., Ferrand, L., & Montant, M. (2004). Visual phonology: the effects of orthographic consistency on different auditory word recognition tasks. *Memory & Cognition*, 32(5), 732–741. <https://doi.org/10.3758/BF03195863>
- Ziegler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading Acquisition, Developmental Dyslexia, and Skilled Reading Across Languages: A Psycholinguistic Grain Size Theory. *Psychological Bulletin*, 131(1), 3–29.

- <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.3>
- Ziegler, J. C., & Jacobs, A. M. (1995). Phonological Information Provides Early Sources of Constraint in the Processing of Letter Strings. *Journal of Memory and Language*, 34(5), 567–593. <https://doi.org/10.1006/jmla.1995.1026>
- Ziegler, J. C., Jacobs, A. M., & Stone, G. O. (1996). Statistical analysis of the bidirectional inconsistency of spelling and sound in French. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 28(4), 504–515. <https://doi.org/10.3758/BF03200539>
- Ziegler, J. C., Montant, M., & Jacobs, A. M. (1997). The Feedback Consistency Effect in Lexical Decision and Naming. *Journal of Memory and Language*, 37(4), 533–554. <https://doi.org/10.1006/jmla.1997.2525>
- Ziegler, J. C., & Muneaux, M. (2007). Orthographic facilitation and phonological inhibition in spoken word recognition: a developmental study. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(1), 75–80. <https://doi.org/10.3758/BF03194031>
- Ziegler, J. C., Muneaux, M., & Grainger, J. (2003). Neighborhood effects in auditory word recognition: Phonological competition and orthographic facilitation. *Journal of Memory and Language*, 48, 779–793. [https://doi.org/10.1016/S0749-596X\(03\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S0749-596X(03)00006-8)
- Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., George, F., & Lorenzi, C. (2009). Speech-perception-in-noise deficits in dyslexia. *Developmental Science*, 12(5), 732–745. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00817.x>
- Ziegler, J. C., Petrova, A., & Ferrand, L. (2008). Feedback consistency effects in visual and auditory word recognition: Where do we stand after more than a decade? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34(3), 643–661. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.3.643>
- Zou, L., Desroches, A. S., Liu, Y., Xia, Z., & Shu, H. (2012). Orthographic facilitation in Chinese spoken word recognition: An ERP study. *Brain and Language*, 123(3), 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.09.006>
- Zoubinetzky, R., Collet, G., Serniclaes, W., Nguyen-Morel, M.-A., & Valdois, S. (2016). Relationships between categorical perception of phonemes, phoneme awareness, and visual attention span in developmental dyslexia. *PLoS ONE*, 11(3), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151015>
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(1), 3–14. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>
- Zwitserslood, P. (1989). The locus of the effects of sentential-semantic context in spoken-word processing. *Cognition*, 32(1), 25–64. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(89\)90013-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(89)90013-9)

Annexe A

Annexe A : Stimuli utilisés lors de la tâche de décision lexicale auditive.

Mots orthographiquement consistants	Mots orthographiquement inconsistants	Pseudomots	
Bague	Batte	Chague	Pratte
Barbe	Buée	Karbe	Kruée
Bave	Balle	Fave	Dralle
Bible	Bière	Kible	Jière
Bombe	Blouse	Chombe	Souse
Cage	Craie	Dage	Zaie
Casque	Clou	Tasque	Plou
Cible	Sève	Lible	Bève
Cire	Scène	Guire	Brène
Courbe	Crème	Plourbe	Plème
Douche	Douane	Vouche	Plouane
Film	Fruit	Pilm	Kluit
Jambe	Joie	Kambe	Floie
Lave	Lettre	Plave	Settre
Liste	Lame	Riste	Vrame
Lune	Loi	Sune	Goi
Meute	Menthe	Peute	Frenthe
Page	Pelle	Fage	Relle
Pièce	Proie	Tième	Kloie
Pion	Pneu	Kion	Pseu
Plage	Pluie	Tage	Tuie
Plume	Place	Jume	Pnace
Porte	Plante	Lorte	Drante
Ruche	Rue	Luche	True
Sieste	Sœur	Pieste	Vœur
Table	Thèse	Mable	Mèse
Tige	Toile	Vige	Loile
Timbre	Train	Pimbre	Glain

Annexe B

Annexe B : Stimuli utilisés lors de la tâche de compréhension de phrases auditives. Pour chaque phrase, le mot souligné correspond au mot-cible.

Contexte sémantique	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement consistant	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement inconsistant
Prédictible	L'escargot avance en laissant de la <u>bave</u> derrière lui	Les joueurs de basket s'envoient la <u>balle</u> à travers le terrain
Incohérent	Les joueurs de basket s'envoient la <u>bave</u> à travers le terrain	L'escargot avance en laissant de la <u>balle</u> derrière lui
Neutre	Le doberman regarde avec insistance la <u>bave</u> sur le sol	Le doberman regarde avec insistance la <u>balle</u> sur le sol
Prédictible	Le fiancé de Marie achète chez le bijoutier une <u>bague</u> magnifique	Le joueur de baseball frappe la balle avec une <u>batte</u> en bois
Incohérent	Le joueur de baseball frappe la balle avec une <u>bague</u> en bois	Le fiancé de Marie achète chez le bijoutier une <u>batte</u> magnifique
Neutre	La voisine de Marie achète chez un spécialiste une <u>bague</u> en or	La voisine de Marie achète chez un spécialiste une <u>batte</u> de baseball
Prédictible	Pierre a enfin décidé de se laisser pousser la <u>barbe</u> comme son père	Théo souffle sur la vitre pour faire de la <u>buée</u> chaude
Incohérent	Théo souffle sur la vitre pour faire de la <u>barbe</u> chaude	Pierre a enfin décidé de se laisser pousser la <u>buée</u> comme son père
Neutre	Le petit Théo passe son temps à toucher la <u>barbe</u> de son père	Le petit Théo passe son temps à toucher la <u>buée</u> sur la vitre
Prédictible	Le prêtre récite un passage de la <u>bible</u> devant les fidèles	Les allemands boivent très souvent de la <u>bière</u> ensemble
Incohérent	Les allemands boivent très souvent de la <u>bible</u> ensemble	Le prêtre récite un passage de la <u>bière</u> devant les fidèles
Neutre	Pierre se renseigne sur l'apparition de la <u>bible</u> en Europe	Pierre se renseigne sur l'apparition de la <u>bière</u> en Europe
Prédictible	Le terroriste a fait exploser une <u>bombe</u> dans un avion	Les médecins de l'hôpital portent une <u>blouse</u> blanche
Incohérent	Les médecins de l'hôpital portent une <u>bombe</u> blanche	Le terroriste a fait exploser une <u>blouse</u> dans un avion
Neutre	Mon petit frère a vu une <u>bombe</u> au musée	Mon petit frère a vu une <u>blouse</u> dans l'armoire
Prédictible	Au zoo, le tigre est enfermé dans une <u>cage</u> en métal	A l'école, Marie écrit au tableau avec une <u>craie</u> blanche
Incohérent	A l'école, Marie écrit au tableau avec une <u>cage</u> blanche	Au zoo, le tigre est enfermé dans une <u>craie</u> en métal
Neutre	Chez lui, Pierre cherche pendant des heures une <u>cage</u> en métal	Chez lui, Pierre cherche pendant des heures une <u>craie</u> blanche
Prédictible	Les motards protègent leur tête avec un <u>casque</u> quand ils roulent	Pierre prend un marteau pour planter un <u>clou</u> dans le meuble
Incohérent	Pierre prend un marteau pour planter un <u>casque</u> dans le meuble	Les motards protègent leur tête avec un <u>clou</u> quand ils roulent
Neutre	Pierre passe la matinée à chercher un <u>casque</u> dans la remise	Pierre passe la matinée à chercher un <u>clou</u> dans la remise
Prédictible	Chez elle, Marie s'épile les jambes avec de la <u>cire</u> chaude	Au théâtre, l'acteur se prépare pour entrer sur la <u>scène</u> au bon moment
Incohérent	Au théâtre, l'acteur se prépare pour entrer sur la <u>cire</u> au bon moment	Chez elle, Marie s'épile les jambes avec de la <u>scène</u> chaude
Neutre	Sur place, la spécialiste pose des questions sur la <u>cire</u> à épiler	Sur place, la spécialiste pose des questions sur la <u>scène</u> du théâtre

Contexte sémantique	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement consistant	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement inconsistant
Prédicible	La croissance de l'enfant est souvent représentée par une <u>courbe</u> sur un graphique	Marie hydrate tous les jours sa peau avec une <u>crème</u> de qualité
Incohérent	Marie hydrate tous les jours sa peau avec une <u>courbe</u> de qualité	La croissance de l'enfant est souvent représentée par une <u>crème</u> sur un graphique
Neutre	Les élèves de terminale doivent trouver comment faire une <u>courbe</u> sous Photoshop	Les élèves de terminale doivent trouver comment faire une <u>crème</u> artisanale
Prédicible	Le tireur d'élite doit atteindre la <u>cible</u> du premier coup	Pierre entaille l'arbre et récolte la <u>sève</u> fraîche
Incohérent	Pierre entaille l'arbre et récolte la <u>cible</u> fraîche	Le tireur d'élite doit atteindre la <u>sève</u> du premier coup
Neutre	Le spécialiste observe avec attention la <u>cible</u> sur l'écran	Le spécialiste observe avec attention la <u>sève</u> de l'arbre
Prédicible	Dans sa salle de bain, Marie chante sous la <u>douche</u> tous les matins	A la frontière, les marchandises sont inspectées par la <u>douane</u> française
Incohérent	A la frontière, les marchandises sont inspectées par la <u>douche</u> française	Dans la salle de bain, Marie chante sous la <u>douane</u> tous les matins
Neutre	Pendant le déjeuner, Pierre raconte une anecdote sur la <u>douche</u> italienne	Pendant le déjeuner, Pierre raconte une anecdote sur la <u>douane</u> italienne
Prédicible	Le cinéaste tourne un <u>film</u> d'action	L'ananas est un <u>fruit</u> tropical
Incohérent	La mangue est un <u>film</u> tropical	Le cinéaste tourne un <u>fruit</u> d'action
Neutre	Mon mari parle d'un <u>film</u> asiatique	Mon mari parle d'un <u>fruit</u> asiatique
Prédicible	Après l'accident de ski, Pierre perd l'usage de sa <u>jambe</u> droite	Heureuse d'avoir gagné, Marie n'arrive pas à cacher sa <u>joie</u> aux autres
Incohérent	Heureuse d'avoir gagné, Marie n'arrive pas à cacher sa <u>jambe</u> aux autres	Après l'accident de ski, Pierre perd l'usage de sa <u>joie</u> droite
Neutre	A la maison, Marie a tenu à montrer sa <u>jambe</u> toute bronzée	A la maison, Marie a tenu à montrer sa <u>joie</u> d'être là
Prédicible	Un volcan en éruption a craché de la <u>lave</u> hier soir	Le facteur du village a bien posté la <u>lettre</u> à Amélie
Incohérent	Le facteur du village a bien posté la <u>lave</u> à Amélie	Un volcan en éruption a craché de la <u>lettre</u> hier soir
Neutre	Pierre a fait beaucoup de recherche sur la <u>lave</u> en fusion	Pierre a fait beaucoup de recherche sur la <u>lettre</u> à Elise
Prédicible	Les profs font l'appel en lisant la <u>liste</u> des élèves	Pierre sort son couteau pour aiguiser la <u>lame</u> émoussée
Incohérent	Pierre sort son couteau pour aiguiser la <u>liste</u> émoussée	Les profs font l'appel en lisant la <u>lame</u> des élèves
Neutre	L'ami de Pierre fait attention à la <u>liste</u> des courses	L'ami de Pierre fait attention à la <u>lame</u> du couteau
Prédicible	Neil Armstrong est le premier à marcher sur la <u>lune</u> en 1969	L'abus d'alcool au volant est strictement interdit par la <u>loi</u> pénale
Incohérent	L'abus d'alcool au volant est strictement interdit par la <u>lune</u> pénale	Neil Armstrong est le premier à marcher sur la <u>loi</u> en 1969
Neutre	La plupart des élèves trouvent la discussion sur la <u>lune</u> très intéressante	La plupart des élèves trouvent la discussion sur la <u>loi</u> très intéressante
Prédicible	Le loup Alpha reste le chef de la <u>meute</u> toute sa vie	Les Marocains boivent beaucoup de thé à la <u>menthe</u> bien sucré
Incohérent	Les Marocains boivent beaucoup de thé à la <u>meute</u> bien sucré	Le mâle Alpha reste le chef de la <u>menthe</u> toute sa vie
Neutre	Marie explique aux enfants les spécificités de la <u>meute</u> de loup	Marie explique aux enfants les spécificités de la <u>menthe</u> verte

Contexte sémantique	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement consistant	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement inconsistant
Prédictible	Pierre a déchiré le livre en tournant une <u>page</u> trop vite	Les enfants creusent dans le sable avec une <u>pelle</u> en plastique
Incohérent	Les enfants creusent dans le sable avec une <u>page</u> en plastique	Pierre a déchiré le livre en tournant une <u>pelle</u> trop vite
Neutre	Pierre a cherché pendant toute la matinée une <u>page</u> internet	Pierre a cherché pendant toute la matinée une <u>pelle</u> en métal
Prédictible	Un mendiant demande une <u>pièce</u> aux passants	Le prédateur traque une <u>proie</u> silencieusement
Incohérent	Le prédateur traque une <u>pièce</u> silencieusement	Un mendiant demande une <u>proie</u> aux passants
Neutre	Le garçon balance une <u>pièce</u> par terre	Le garçon balance une <u>proie</u> à son chien
Prédictible	Le joueur de Monopoly a déplacé son <u>pion</u> de trois cases	Le vieux chauffeur routier a crevé son <u>pneu</u> tout neuf
Incohérent	Le vieux chauffeur routier a crevé son <u>pion</u> tout neuf	Le joueur de Monopoly a déplacé son <u>pneu</u> de trois cases
Neutre	Pierre a retrouvé dans le grenier son <u>pion</u> fétiche	Pierre a retrouvé dans le grenier son <u>pneu</u> de vélo
Prédictible	L'enfant construit un château de sable sur la <u>plage</u> ensoleillée	Marie rentre de sa balade trempée par la <u>pluie</u> torrentielle
Incohérent	Marie rentre de sa balade trempée par la <u>plage</u> torrentielle	L'enfant construit un château de sable sur la <u>pluie</u> ensoleillée
Neutre	L'oncle de Marie montre une photo de la <u>plage</u> à son amie	L'oncle de Marie montre une photo de la <u>pluie</u> à son amie
Prédictible	Pierre appelle vite un serrurier pour venir ouvrir sa <u>porte</u> d'entrée	Marie confie ses clefs au voisin pour arroser sa <u>plante</u> verte
Incohérent	Marie confie ses clefs au voisin pour arroser sa <u>porte</u> verte	Pierre appelle vite un serrurier pour venir ouvrir sa <u>plante</u> d'entrée
Neutre	Marie demande à son voisin s'il peut surveiller sa <u>porte</u> d'entrée	Marie demande à son voisin s'il peut surveiller sa <u>plante</u> verte
Prédictible	Avant l'invention du stylo, les gens écrivaient avec une <u>plume</u> d'oie	Au cinéma, Marie demande à Pierre de garder une <u>place</u> pour elle
Incohérent	Au cinéma, Marie demande à Pierre de garder une <u>plume</u> pour elle	Avant l'invention du stylo, les gens écrivaient avec une <u>place</u> d'oie
Neutre	Sur la table du bar, Marie a trouvé une <u>plume</u> de paon	Sur la table du bar, Marie a trouvé une <u>place</u> de concert
Prédictible	Les abeilles fabriquent le miel dans la <u>ruche</u> qu'elles ont construite	La plupart des SDF dorment dans la <u>rue</u> toute l'année
Incohérent	La plupart des SDF dorment dans la <u>ruche</u> toute l'année	Les abeilles fabriquent le miel dans la <u>rue</u> qu'elles ont construite
Neutre	Les enfants les plus curieux observent la <u>ruche</u> attentivement	Les enfants les plus curieux observent la <u>rue</u> attentivement
Prédictible	Au restaurant chinois, Pierre a réservé une <u>table</u> pour deux	En doctorat, les étudiants doivent rédiger une <u>thèse</u> en trois ans
Incohérent	En doctorat, les étudiants doivent rédiger une <u>table</u> en trois ans	Au restaurant chinois, Pierre a réservé une <u>thèse</u> pour deux
Neutre	A la bibliothèque, les étudiants cherchent une <u>table</u> tranquille	A la bibliothèque, les étudiants cherchent une <u>thèse</u> en biologie
Prédictible	Pierre cueille une fleur en coupant sa <u>tige</u> au ras du sol	Une toute petite araignée noire tisse sa <u>toile</u> rapidement
Incohérent	Une toute petite araignée noire tisse sa <u>tige</u> rapidement	Pierre cueille une fleur en coupant sa <u>toile</u> au ras du sol
Neutre	Le petit Théo aime jouer avec sa <u>tige</u> de bambou	Le petit Théo aime jouer avec sa <u>toile</u> d'araignée en coton

Contexte sémantique	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement consistant	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement inconsistant
Prédictible	Marie colle sur sa lettre un <u>timbre</u> de collection	La SNCF annonce le retard d'un <u>train</u> pour Paris
Incohérent	La SNCF annonce le retard d'un <u>timbre</u> pour Paris	Marie colle sur sa lettre un <u>train</u> de collection
Neutre	Pierre regarde avec beaucoup d'attention un <u>timbre</u> de collection	Pierre regarde avec beaucoup d'attention un <u>train</u> de collection
Prédictible	Pierre s'allonge sur le canapé pour faire une <u>sieste</u> d'une heure	L'amie de Marie a deux frères et une <u>sœur</u> aînée
Incohérent	L'amie de Marie a deux frères et une <u>sieste</u> aînée	Pierre s'allonge sur le canapé pour faire une <u>sœur</u> avant le travail
Neutre	Marie a entendu dire à la télé qu'une <u>sieste</u> augmente la productivité	Marie a entendu dire à la télé qu'une <u>sœur</u> du Président a été assassinée

Annexe C

Annexe C : Stimuli utilisés lors de la tâche de décision lexicale visuelle

Mots phonologiquement consistants	Mots phonologiquement inconsistants	Pseudomots	
Carte	Quille	Talte	Laille
Chien	Chef	Chiou	Chul
Chiffre	Short	Chemple	Chict
Cloche	Clef	Clagne	Vron
Culte	Cap	Ralte	Goc
Double	Drap	Poubre	Droc
Foule	Femme	Souve	Falle
Fourche	Fille	Mourphe	Bunne
Gorge	Grille	Turge	Crelle
Groupe	Gaz	Graume	Fiz
Guide	Gang	Neuce	Monc
Juge	Jus	Juve	Zas
Masque	Mail	Dirgue	Duir
Ordre	Os	Orcle	Ze
Prince	Prix	Stonce	Frât
Sable	Sens	Ticre	Rour
Singe	Stand	Monge	Stong
Stage	Stop	Prole	Grub
Vague	Ville	Sigue	Vinde
Forme	flemme	Vuste	Sponne

Annexe D

Annexe D : Coefficients paramétriques des modèles linéaires à effets mixtes ajustés pour chaque variable dépendante séparément. Modèles : Variable dépendante ~ Sous-groupe (normo-lecteurs) * Consistance + nombre de lettres +(1+Consistance | Sujet) +(1+Sous-groupe | Item). Pour chaque variable dépendante, la première ligne présente l'effet principal de sous-groupe, la seconde ligne présente l'effet principal de consistance phonologique, et la troisième ligne représente l'interaction entre sous-groupe et consistance phonologique.

Variable dépendante		Degrés de liberté	Ratio F	Valeur de p
Taux de réponses correctes	Sous-groupe	1, inf	1.69	.19
	Consistance	1, inf	0.36	.55
	Sous-groupe * Consistance	1, inf	0.02	.88
Gaze duration	Sous-groupe	1, 26	4.39	<.05
	Consistance	1, 27	0.95	.34
	Sous-groupe * Consistance	1, 21	1.21	.28
Probabilité de refixation	Sous-groupe	1, inf	12.87	<.001
	Consistance	1, inf	0.09	.77
	Sous-groupe * Consistance	1, inf	1.77	.18
Durée de la fixation unique	Sous-groupe	1, 26	5.14	.03
	Consistance	1, 26	0.26	.61
	Sous-groupe * Consistance	1, 21	1.68	.21
Durée de la première fixation	Sous-groupe	1, 21	0.16	.69
	Consistance	1, 19	0.003	.96
	Sous-groupe * Consistance	1, 9	6.13	<.04
Durée de la seconde fixation	Sous-groupe	1, 21	1.40	.25
	Consistance	1, 17	0.38	.55
	Sous-groupe * Consistance	1, 11	0.25	.63

Annexe E

Annexe E : Stimuli utilisés lors de la tâche de compréhension de phrases écrites. Pour chaque phrase, le mot souligné correspond au mot-cible.

Contexte sémantique	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement consistant	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement inconsistant
Prédictible	Sur internet, Pierre effectue un paiement avec une <u>carte</u> de crédit	Au bowling, Pierre n'a réussi à renverser qu'une <u>quille</u> de toute la partie
Incohérent	Au bowling, Pierre n'a réussi à renverser qu'une <u>carte</u> de toute la partie	Sur internet, Pierre effectue un paiement avec une <u>quille</u> de crédit
Neutre	En vacances, Pierre a réussi à perdre une <u>carte</u> de son jeu	En vacances, Pierre a réussi à perdre une <u>quille</u> de son jeu
Prédictible	Dans le jardin, Pierre repeint la niche du <u>chien</u> en bleu	En cuisine, les cuistots suivent les ordres du <u>chef</u> étoilé
Incohérent	En cuisine, les cuistots suivent les ordres du <u>chien</u> étoilé	Dans le jardin, Pierre repeint la niche du <u>chef</u> en bleu
Neutre	Hier soir, Marie a pris une photo du <u>chien</u> de Pierre	Hier soir, Marie a pris une photo du <u>chef</u> cuistot
Prédictible	Paul cherche un code avec trois lettres et un <u>chiffre</u> à la fin	Marie raccourcit son vieux pantalon et en fait un <u>short</u> pour l'été
Incohérent	Marie raccourcit son vieux pantalon et en fait un <u>chiffre</u> pour l'été	Paul cherche un code avec trois lettres et un <u>short</u> à la fin
Neutre	Le frère de Pierre lui demande de choisir un <u>chiffre</u> au hasard	Le frère de Pierre lui demande de choisir un <u>short</u> pour le sport
Prédictible	Le vieux prêtre doit faire sonner la <u>cloche</u> tous les matins	Marie coince la serrure en cassant la <u>clef</u> à l'intérieur
Incohérent	Marie coince la serrure en cassant la <u>cloche</u> à l'intérieur	Le vieux prêtre doit faire sonner la <u>clef</u> tous les matins
Neutre	La voisine vient de partir chercher la <u>cloche</u> chez le forgeron	La voisine vient de partir chercher la <u>clef</u> de la salle
Prédictible	Le voisin adore Angelina Jolie, il lui voue un <u>culte</u> depuis longtemps	Pierre fait beaucoup de progrès, il a franchi un <u>cap</u> important
Incohérent	Pierre fait beaucoup de progrès, il a franchi un <u>culte</u> important	Le voisin adore Angelina Jolie, il lui voue un <u>cap</u> depuis longtemps
Neutre	Pierre est écrivain, il rédige un essai sur un <u>culte</u> africain	Pierre est écrivain, il rédige un essai sur un <u>cap</u> de l'adolescence
Prédictible	Marie va chez le serrurier et fait faire un <u>double</u> de ses clefs	Pierre joue au fantôme en se cachant sous un <u>drap</u> blanc
Incohérent	Pierre joue au fantôme en se cachant sous un <u>double</u> blanc	Marie va chez le serrurier et fait faire un <u>drap</u> de ses clefs
Neutre	Marie fouille dans toutes ses affaires et retrouve un <u>double</u> de sa clef	Marie fouille dans toutes ses affaires et retrouve un <u>drap</u> troué
Prédictible	Pierre est sportif, il veut garder la <u>forme</u> malgré l'âge	Pierre est fainéant, il a toujours la <u>flemme</u> de sortir
Incohérent	Pierre est fainéant, il a toujours la <u>forme</u> de sortir	Pierre est sportif, il veut garder la <u>flemme</u> malgré l'âge
Neutre	Pierre a beaucoup mangé, il a la <u>forme</u> en ce moment	Pierre a beaucoup mangé, il a la <u>flemme</u> en ce moment
Prédictible	Par définition, les agoraphobes ont peur de la <u>foule</u> qui les entoure	Dans la bible, Dieu crée l'homme et la <u>femme</u> à son image
Incohérent	Dans la bible, Dieu crée l'homme et la <u>foule</u> à son image	Par définition, les agoraphobes ont peur de la <u>femme</u> qui les entoure
Neutre	Au parc, Pierre a pris en photo la <u>foule</u> très agitée	Au parc, Pierre a pris en photo la <u>femme</u> du maire

Contexte sémantique	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement consistant	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement inconsistant
Prédictible	Le fermier remue le foin avec une <u>fourche</u> rouillée	La voisine a un garçon et une <u>fil</u> e en bas âge
Incohérent	La voisine a un garçon et une <u>fourche</u> en bas âge	Le fermier remue le foin avec une <u>fil</u> e rouillée
Neutre	Marie vient de prendre en photo une <u>fourche</u> à trois dents	Marie vient de prendre en photo une <u>fil</u> e en vélo
Prédictible	Aujourd'hui, Pierre tousse beaucoup et a mal à la <u>gorge</u> depuis ce matin	Au barbecue, Pierre fait cuire les saucisses sur la <u>grille</u> chaude
Incohérent	Au barbecue, Pierre fait cuire les saucisses sur la <u>gorge</u> chaude	Aujourd'hui, Pierre tousse beaucoup et a mal à la <u>grille</u> depuis ce matin
Neutre	A la télé, le spécialiste explique comment il examine la <u>gorge</u> du patient	A la télé, le spécialiste explique comment il examine la <u>grille</u> électrique
Prédictible	Tout le personnel est convoqué pour une thérapie de <u>groupe</u> chaque lundi	Pierre a appelé GDF à cause d'une fuite de <u>gaz</u> chez lui
Incohérent	Pierre a appelé GDF à cause d'une fuite de <u>groupe</u> chez lui	Tout le personnel est convoqué pour une thérapie de <u>gaz</u> chaque lundi
Neutre	Marie a économisé en comparant toutes les offres de <u>groupe</u> sur internet	Marie a économisé en comparant toutes les offres de <u>gaz</u> sur internet
Prédictible	Les visiteurs du musée écoutent les explications d'un <u>guide</u> expérimenté	La police de Chicago surveille les membres d'un <u>gang</u> mafieux
Incohérent	La police de Chicago surveille les membres d'un <u>guide</u> mafieux	Les visiteurs du musée écoutent les explications d'un <u>gang</u> expérimenté
Neutre	Les élèves regardent un reportage original sur un <u>guide</u> de New-York	Les élèves regardent un reportage original sur un <u>gang</u> de New-York
Prédictible	Les avocats se fient à la décision du <u>juge</u> d'instruction	La maman presse des oranges pour boire du <u>jus</u> frais
Incohérent	La maman presse des oranges pour boire du <u>juge</u> frais	Les avocats se fient à la décision du <u>jus</u> d'instruction
Neutre	Pierre écoute sa femme vanter les qualités du <u>juge</u> d'instruction	Pierre écoute sa femme vanter les qualités du <u>jus</u> bio
Prédictible	Pierre se déguise en cachant son visage avec un <u>masque</u> de carnaval	Pierre va voir sur Yahoo s'il a reçu un <u>mail</u> important
Incohérent	Pierre va voir sur Yahoo s'il a reçu un <u>masque</u> important	Pierre se déguise en cachant son visage avec un <u>mail</u> de carnaval
Neutre	Pierre est allé voir chez lui s'il a un <u>masque</u> d'halloween	Pierre est allé voir chez lui s'il a un <u>mail</u> de son chef
Prédictible	Le soldat doit obéir à un <u>ordre</u> de son supérieur	Le chien de Pierre ronge un <u>os</u> dans le jardin
Incohérent	Le chien de Pierre ronge un <u>ordre</u> dans le jardin	Le soldat doit obéir à un <u>os</u> de son supérieur
Neutre	Le voisin de Pierre donne un <u>ordre</u> à son chien	Le voisin de Pierre donne un <u>os</u> à son chien
Prédictible	Cendrillon veut à tous prix épouser le <u>prince</u> charmant	L'acheteur parle au vendeur en négociant le <u>prix</u> de la bague
Incohérent	L'acheteur parle au vendeur en négociant le <u>prince</u> de la bague	Cendrillon veut à tous prix épouser le <u>prix</u> charmant
Neutre	Pierre doit chercher des informations sur le <u>prince</u> héritier	Pierre doit chercher des informations sur le <u>prix</u> des portables
Prédictible	Marie va à la plage pour s'allonger sur le <u>sable</u> fin	Pierre relit plusieurs fois la phrase pour comprendre le <u>sens</u> caché
Incohérent	Pierre relit plusieurs fois la phrase pour comprendre le <u>sable</u> caché	Marie va à la plage pour s'allonger sur le <u>sens</u> fin
Neutre	Marie cherche à bien comprendre comment se forme le <u>sable</u> de nos plages	Marie cherche à bien comprendre comment se forme le <u>sens</u> dans nos esprits

Contexte sémantique	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement consistant	Phrases contenant le mot-cible orthographiquement inconsistant
Prédictible	Au parc, Pierre grimpe aux arbres comme un <u>singe</u> agile	Au salon d'exposition, chaque exposant doit installer un <u>stand</u> publicitaire
Incohérent	Au salon d'exposition, chaque exposant doit installer un <u>singe</u> publicitaire	Au parc, Pierre grimpe aux arbres comme un <u>stand</u> agile
Neutre	Dans la rue, Pierre aperçoit une photo d'un <u>singe</u> d'Asie	Dans la rue, Pierre aperçoit une photo d'un <u>stand</u> automobile
Prédictible	En BEP, Pierre cherche un artisan qui le prenne en <u>stage</u> deux semaines	Sur la route, Pierre s'arrête pour prendre un jeune en <u>stop</u> jusqu'à Aix
Incohérent	Sur la route, Pierre s'arrête pour prendre un jeune en <u>stage</u> jusqu'à Aix	En BEP, Pierre cherche un artisan qui le prenne en <u>stop</u> deux semaines
Neutre	A la maison, Pierre raconte qu'il a été pris en <u>stage</u> à l'hôpital	A la maison, Pierre raconte qu'il a été pris en <u>stop</u> par un vieux
Prédictible	Le surfeur glisse sur la <u>vague</u> avec aisance	Pierre est maire de la <u>ville</u> de Paris
Incohérent	Pierre est maire de la <u>vague</u> de Paris	Le surfeur glisse sur la <u>ville</u> avec aisance
Neutre	Marie prend en photo la <u>vague</u> géante	Marie prend en photo la <u>ville</u> en ruine